

# DE TRANSITIE NAAR EEN CO<sub>2</sub>-NEUTRAAL ELEKTRICITEITSSYSTEEM

HOE KAN HET ELEKTRICITEITSNETWERK KLAAR WORDEN GEMAAKT VOOR 2050?



**ERIK MERX**

MASTERSCRIPTIE ENVIRONMENTAL & INFRASTRUCTURE PLANNING  
FACULTEIT RUIMTELIJKE WETENSCHAPPEN, RIJKSUNIVERSITEIT GRONINGEN

## COLOFON

Titel: De transitie naar een CO<sub>2</sub>-neutraal elektriciteitssysteem

Ondertitel: Hoe kan het elektriciteitsnetwerk klaar worden gemaakt voor 2050?

Auteur: Erik Merx  
erikmerx@gmail.com

Studentnummer: 2343029

Opleiding: Environmental & Infrastructure Planning (EIP)  
Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen  
Rijksuniversiteit Groningen

Begeleiding: Dr. F.M.G. van Kann

Periode: November 2016 – Februari 2018

Inleverdatum: 9 februari 2018

Versie: Eindversie

Foto voorblad: Hoogspanningskabels en windmolens naast elkaar in de Eemshaven

Bron: RTV Noord



**university of  
groningen**

**faculty of spatial sciences**

## VOORWOORD

Toen ik begon met wielrennen op de middelbare school was ik altijd verrast wanneer ik een boerderij met zonnepanelen tegenkwam tijdens één van mijn trainingstochten door het Groninger land. Wanneer ik nu een trainingsronde door de provincie maak, is het beeld van daken bedekt met zonnepanelen veel minder noemenswaardig dan tien jaar geleden. Steeds meer mensen leggen namelijk zonnepanelen op hun dak. Dit doen zij omdat ze een bijdrage willen leveren aan het klimaatprobleem, maar ook omdat het een goede investering is. Een mooi rendement behalen en ook nog eens een bijdrage leveren aan het klimaatakkoord, wie wil dat nou niet? Waar echter weinig bij wordt stilgestaan zijn de gevolgen van het aansluiten van zonnepanelen op het Nederlandse elektriciteitsnetwerk. Dit is het domein van de netbeheerders. Een domein waar de buitenwereld weinig kennis over heeft en waar in de literatuur niet veel over wordt geschreven. Doordat het Nederlandse energiesysteem is ingericht op het verbranden van fossiele brandstoffen staan er echter wel grote veranderingen voor de deur mocht de samenleving helemaal duurzaam willen worden. Wanneer ik dan door de provincie rijd vraag ik mij af: welke problemen gaan er komen wanneer iedereen zonnepanelen op zijn dak gaat leggen? Wie is er verantwoordelijk voor het oplossen van deze problemen? En wie gaat de kosten van het oplossen van deze problemen betalen? Met deze vragen in mijn achterhoofd ben ik mijn scriptieonderzoek ingegaan en met trots presenteer ik hierbij het resultaat.

Het onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de geïnterviewde energie-experts. Daarom wil ik hen graag bedanken voor hun tijd, expertise maar vooral betrokkenheid en bereidheid om mij te helpen en mee te denken met het onderzoek. Dit onderzoek zou verder niet tot stand gekomen zijn zonder de moederlijke ondersteuning van Wemy, de kritische reflectie van Berto, de tips van Peter en de inhoudelijke discussies en studiesessies met mijn studiegenoten Daniël, Mervin, Marin en Loes. Verder wil ik mijn ex-bestuursgenoten van Tandje Hoger, mede Aegee'ers en Marin bedanken voor de reisjes door Europa die zij met mij hebben gemaakt ter afleiding tussen het schrijven van de scriptie door. Marjolein en Hajo wil ik bedanken voor het bevorderen van de leesbaarheid en de stijl van de geschreven teksten. En last but not least gaat mijn dank uit naar Ferry van Kann voor de enthousiaste begeleiding en waardevolle feedback die hij mij heeft gegeven.

Met dit onderzoek hoop ik een bijdrage te kunnen leveren aan het verduurzamen van het Nederlandse energiesysteem. Daarnaast hoop ik dat er mede door dit onderzoek binnen de planologie meer aandacht komt voor het 'smart' plannen van energie-infrastructuur. Mochten er naar aanleiding van dit onderzoek vragen of opmerkingen ontstaan, neem dan gerust contact met mij op. Ik wens u veel plezier met het lezen van mijn onderzoek.

Erik Merx  
*Groningen, december 2017*

## SAMENVATTING (NEDERLANDS)

*Sleutelwoorden: energietransitie, duurzaam, CO<sub>2</sub>-neutraal, shift in governance, onzekerheid, dynamisch adaptief plannen, dynamic adaptive policy pathway map, netbeheerdersdilemma, elektriciteitsnetwerk, infrastructuur.*

In deze exploratieve studie is onderzocht welke aspecten van de dynamic adaptive policy pathway aanpak een bijdrage kunnen leveren aan het plannen van investeringen in elektriciteitsnetwerken. Voor het onderzoek zijn de gevolgen van een reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 80% in 2050 binnen de Nederlandse elektriciteitssector als uitgangspunt gekozen. Uit het onderzoek is gebleken dat de aanpak met wat aanpassingen te gebruiken is voor het managen van een elektriciteitsnetwerk. De grootste problemen voor de onderzochte case worden bij een substantiële toename van het aantal zonnepanelen verwacht. De aanpak vormt een meerwaarde voor de sector doordat het een langetermijnvisie combineert met het kiezen tussen acties. Een ander voordeel van de aanpak is dat deze een duidelijke visualisatie van de mogelijke acties weergeeft. Dit helpt bij het in kaart brengen van en het voeren van discussies over investeringen in een cruciale sector waar in de maatschappij weinig over bekend is. Verder is gebleken dat er rekening gehouden dient te worden met het schaalniveau waarop de aanpak wordt toegepast. Hoe groter het schaalniveau en hoe minder voorkennis over de impact van de te kiezen acties bekend is, hoe abstracter en daardoor minder toepasbaar het plan wordt. Tot slot zijn tal van de acties voor het elektriciteitsnetwerk zeer politiek van aard gebleken. Dit maakt het kiezen tussen en het implementeren van acties een politieke aangelegenheid wat inboet op de kracht van het DAPP plan.

## ABSTRACT (ENGLISH)

*Keywords: energy transition, dynamic adaptive policy pathway map, grid operators dilemma, electricity network, infrastructure*

Research suggest that there will be some major problems for the Dutch electricity network when the amount of solar panels increases. That is the reason why this study explored which parts of the Dynamic Adaptive Policy Pathway method are suitable for making choices between various investments in electricity grids. The most suitable parts of this method are the long term strategy combined with the short term actions, the clear overview of the actions which makes the electricity sector more accessible to the public and the metro map which is seen as attractive by (high placed) decision makers.

## INHOUDSOPGAVE

Colofon.....	2
Voorwoord.....	3
Samenvatting (Nederlands).....	4
Abstract (English).....	4
Lijst van figuren.....	7
<b>1 Aanleiding.....</b>	<b>8</b>
1.1 Probleemstelling & doelstelling.....	9
1.2 Maatschappelijke relevantie.....	10
1.3 Wetenschappelijke positionering.....	11
1.4 Hoofdvraag en deelvragen.....	12
1.5 Leeswijzer.....	12
<b>2 Theoretisch raamwerk.....</b>	<b>14</b>
2.1 De veranderende rol van de overheid.....	14
2.2 Transitie management theorie.....	17
2.3 Dynamisch adaptief plannen: plannen voor een onzekere toekomst.....	26
2.4 Conceptueel model.....	30
<b>3 Methodologie.....</b>	<b>33</b>
3.1 Kenmerken van het onderzoek.....	33
3.2 Onderzoeksstrategie.....	34
3.3 Methode van dataverzameling.....	37
<b>4 Het huidige Nederlandse elektriciteitssysteem.....</b>	<b>42</b>
4.1 Inleiding.....	42
4.2 Karakteristieken van het Nederlandse elektriciteitssysteem.....	42
4.3 Inrichting van de energiemarkten.....	43
<b>5 Dynamiek in het Nederlandse elektriciteitsnetwerk richting 2050.....</b>	<b>45</b>
5.1 Inleiding.....	45
5.2 Trends in de elektriciteitsvraag.....	45
5.3 Trends in de elektriciteitsproductie.....	46
5.4 Definitie van succes voor het DAPP plan.....	50
<b>6 Verwachte problemen voor het elektriciteitssysteem.....</b>	<b>53</b>
6.1 Inleiding.....	53
6.2 De seizoensgebonden systeembalancerings.....	53
6.3 Dag-nacht energie-onbalans.....	54
6.4 Spannings- en netkwaliteitsproblemen.....	54
6.5 Conclusie.....	55
<b>7 Kwetsbaarheden binnen het elektriciteitssysteem.....</b>	<b>56</b>
7.1 Inleiding.....	56

7.2	Business case van conventionele centrales niet langer houdbaar.....	56
7.3	Gebrek aan incentives om elektriciteit op te slaan.....	56
7.4	Coördinatie bij het bepalen van productielocaties.....	57
7.5	Conclusie.....	58
<b>8</b>	<b>Kansen.....</b>	<b>59</b>
8.1	Inleiding.....	59
8.2	Kansen vanuit de nationale energiemarkt.....	59
8.3	De Europese energiemarkt.....	59
8.4	Potentie vanuit smart grid technologie.....	60
8.5	Opslag van elektriciteit.....	61
8.6	Conclusie.....	62
<b>9</b>	<b>Acties.....</b>	<b>63</b>
9.1	Inleiding.....	63
9.2	Toelichting op de in de DAPP verwerkte acties.....	63
9.3	Conclusie.....	69
<b>10</b>	<b>Evaluatie van de dynamic adaptive policy pathway aanpak.....</b>	<b>71</b>
10.1	Inleiding.....	71
10.2	Verkenning van een mogelijke dynamic adaptive policy pathway map.....	71
10.3	Preferred pathways.....	76
10.4	Onvoorziene acties.....	78
10.5	Potentie van de DAPP aanpak voor elektriciteitsnetwerk management.....	78
<b>11</b>	<b>Afsluiting.....</b>	<b>82</b>
11.1	Conclusie.....	82
11.2	Reflectie.....	84
11.3	Aanbevelingen.....	86
	<b>Referenties.....</b>	<b>88</b>
	<b>Appendices.....</b>	<b>95</b>
	Appendix I - interview guide.....	95
11.4	Appendix II – transcript Enexis.....	96
11.5	Appendix III – transcript Netbeheer Nederland.....	105
11.6	Appendix IV – transcript Liander.....	112

## LIJST VAN FIGUREN

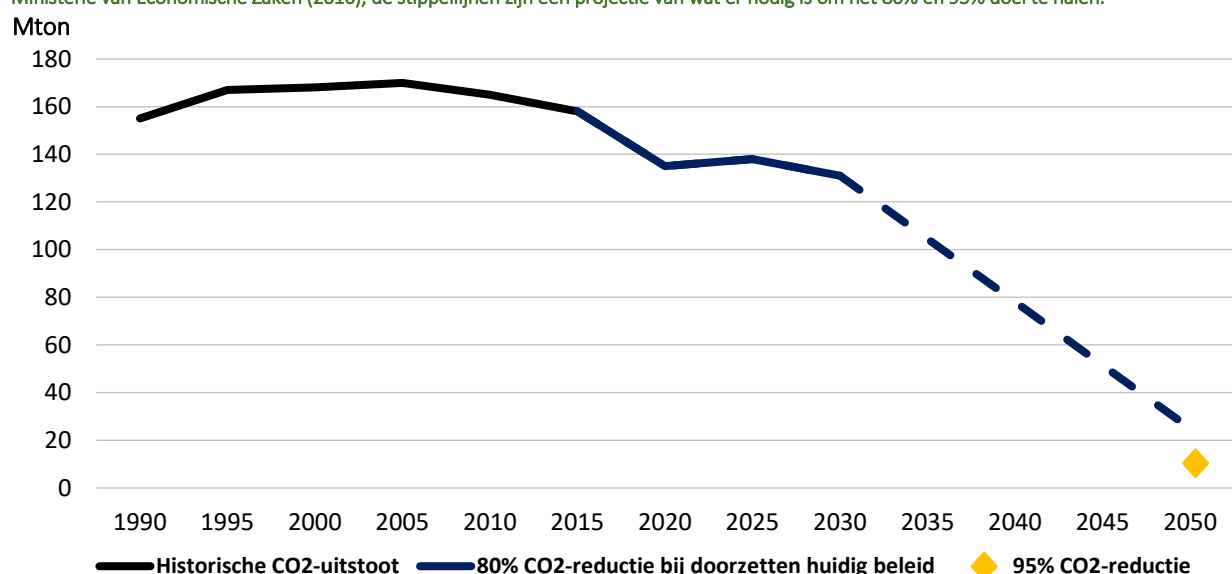
Figuur 1-1: ontwikkeling van de energetische emissies in Nederland. Voor de periode 2015-2030 is een inschatting gemaakt op basis van Ministerie van Economische Zaken (2016), de stippellijnen zijn een projectie van wat er nodig is om het 80% en 95% doel te halen. ....	8
Figuur 1-2: Nederlandse energieverbruik naar type bron en doelstellingen (SER, 2013; CBS 2017a). ....	9
Figuur 1-3: leeswijzer van het onderzoek. ....	13
Figuur 2-1: verdeling van de in 2015 in totaal verbruikte energie binnen Nederland (CBS, 2017f). ....	19
Figuur 2-2: inventarisatie van de transitie van het fossiele naar een duurzame elektriciteitssector aan de hand van het multilevel model van Rotmans et al. (2001). ....	21
Figuur 2-3: multi-fase model van de Nederlandse energietransitie (geïnspireerd op: Rotmans et al., 2001; Rotmans, 2011) . ....	22
Figuur 2-4: de transitie management cyclus (geïnspireerd op Loorbach, 2010; Van der Brugge, 2005). ....	23
Figuur 2-5: inventarisatie van de transitie thema's. ....	25
Figuur 2-6: een adaptation pathway map voor het plannen van duurzaam water management (Hasnoot et al., 2012a). ....	29
Figuur 2-7: een adaptation policy pathway map voor het plannen van duurzaam water management (Hasnoot et al., 2012b). ....	30
Figuur 2-8: conceptueel model van dit onderzoek. ....	323
Figuur 3-1: schematische weergave van de dynamic adaptive policy pathways aanpak. De grijze tekst valt buiten de scope van dit onderzoek (geïnspireerd op Hasnoot et al., 2012b). ....	37
Figuur 4-1: visuele impressie van de inrichting van het Nederlandse elektriciteitsnetwerk (Toonfrequent, 2013). ....	43
Figuur 4-2: overzicht energiemarkten (Donker et al., 2015). ....	44
Figuur 5-1: nationale aardgas reserve op 31 december 2015 (CBS, 2016b) . ....	46
Figuur 5-2: totale bruto elektriciteitsproductie van de vier grootste hernieuwbare bronnen opgesteld in Nederland in GWh (CBS, 2017a). ....	47
Figuur 5-3: overzicht van onderzochte CO <sub>2</sub> -neutrale elektriciteitsbronnen. ....	47
Figuur 5-4: ontwikkeling van totale bruto elektriciteitsproductie afkomstig uit zon-PV in GW/h (CBS, 2017a). ....	48
Figuur 5-5: schema van het vermogen aan geplande aanbestedingen voor wind op zee (SER, 2013). ....	49
Figuur 6-1: leveringszekerheid in 2011 en de verwachting wanneer het energiesysteem in 2030 volledig duurzaam is. Hierbij is uitgegaan van 77,9 PJ zon, 286 PJ wind en 128 PJ groengas in de 2030 situatie (Urgenda, 2013). ....	53
Figuur 7-1: vergelijking tussen de opbrengst van elektriciteit met en zonder salderen in eurocent per kWh (PWC, 2016). ....	57
Figuur 8-1: visuele weergave van het integrale smart grid concept (Slootweg, 2010). ....	60
Figuur 8-2: laad- en ontladprofiel van opslagsystemen in het LS-net. De systemen worden tussen 8:00 en 18:00 uur opgeladen en de opgeslagen energie wordt 's nachts gebruikt (DNV-GL, 2014, p. 25). ....	62
Figuur 9-1: scorekaart van de gekozen acties. De beoordeling van de impact van de acties geven de verhouding tussen de acties aan. Sommige acties hebben een verwaarloosbare impact op de seizoensgebonden balans, dit is aangegeven met n.v.t. ....	64
Figuur 10-1: methodologische aanpassingen . ....	73
Figuur 10-2: mogelijke DAPP metro map voor het plannen van investeringen in een elektriciteitsnetwerk (geïnspireerd op Hasnoot et al., 2012b). ....	76
Figuur 10-3: de DAPP map voor het plannen van investeringen om het Nederlandse elektriciteitsnetwerk betrouwbaar en betaalbaar te houden tussen 2018 & 2050 met de preferred pathways (geïnspireerd op Hasnoot et al., 2012b). ....	78
Figuur 10-4: de bruikbare aspecten en de zwakke punten van het gebruiken van de dynamic adaptive policy pathway aanpak voor elektriciteitsnetwerk management. ....	79

## 1 AANLEIDING

Als gevolg van de 'Energiewende' heeft Duitsland 3800 kilometer nieuwe hoogspanningsleidingen nodig voor het jaar 2022. De kosten: 32 miljard euro (Mondiaal Nieuws, 2012). Zonder deze investeringen kan de hernieuwbaar opgewekte energie niet getransporteerd worden naar de plaatsen waar de vraag is. Hernieuwbare energiebronnen zijn bronnen waarover mensen voor onbeperkte tijd kunnen beschikken en waarbij door het gebruik ervan het leefmilieu en de mogelijkheden voor toekomstige generaties niet worden belemmerd (RVO, 2015). Als deze investeringen niet worden gedaan dan zijn energieproducenten in het huidige systeem genoodzaakt dure productiefaciliteiten uit te schakelen om overcapaciteit te voorkomen. Het Duitse voorbeeld maakt duidelijk dat elektriciteitsnetwerken aangepast moeten worden wanneer er meer duurzame bronnen die slechts beperkt regelbaar zijn worden ingepast. Met beperkt regelbare energiebronnen worden bronnen bedoeld waarvan je niet kunt bepalen wanneer ze elektriciteit leveren. Een energiebron is duurzaam wanneer het de eigenschap bezit om langdurig ingezet te kunnen worden zonder dat dit tot uitputting van natuurlijke bronnen of grote nadelige gevolgen voor de omgeving leidt (Donker et al., 2015).

Onder andere door de zorgen over het klimaat en onder druk van internationale klimaatakkoorden is ook in Nederland het begin van de energietransitie naar een duurzaam energiesysteem in gang gezet (Rotmans, 2011; Donker et al., 2015; Scholtens & Zuidema, 2015). Door de aantrekkelijke business case leggen huishoudens zonnepanelen op hun dak (PWC, 2014). De Nederlandse overheid heeft daarnaast het streven om in internationaal verband een volledig duurzaam energiesysteem in 2050 te realiseren. Voor Nederland is het doel van een CO<sub>2</sub>-reductie tussen de 80% en 95% ten opzichte van 1990 gesteld (Ministerie van Economische Zaken, 2016). In figuur 1-1 is een visualisatie te vinden van wat dat betekent voor de benodigde ontwikkeling van de Nederlandse CO<sub>2</sub>-uitstoot. De stippellijn geeft aan hoe de uitstoot zich gaat ontwikkelen (lineair weergegeven) mocht de 80% ambitie gehaald gaan worden.

Figuur 1-1: ontwikkeling van de energetische emissies in Nederland. Voor de periode 2015-2030 is een inschatting gemaakt op basis van Ministerie van Economische Zaken (2016), de stippellijnen zijn een projectie van wat er nodig is om het 80% en 95% doel te halen.





De Nederlandse overheid heeft in 2013 een breed gedragen Energieakkoord gesloten. Zoals is te zien in figuur 1-2 is het globale doel om een hernieuwbare energieproductie van 14% in 2020 en 16% in 2023 te behalen (SER, 2013). In de voortgangsrapportage uit 2016 wordt geschat dat in 2020 12,4% van de totale energieproductie duurzaam opgewekt gaat worden. De verwachting is dat de doelen van 2023 gehaald gaan worden (SER, 2016). In het energieakkoord is globaal vastgesteld hoeveel energie er met welke soort energieopwekking opgewekt gaat worden. In het Energieakkoord zijn geen afspraken over het energiebeleid na 2023 gemaakt.

Figuur 1-2: Nederlandse energieverbruik naar type bron en doelstellingen (SER, 2013; CBS 2017a).

Energiebron	2013	2014	2015	2016*	2020**	2023**
Fossiel	95,2%	94,5%	94,2%	96,0%	86,0%	77,0%
Hernieuwbaar	4,8%	5,5%	5,8%	4,0%	14,0%	23,0%

\* voorlopige cijfers \*\* doelstellingen uit het Klimaatakkoord van 2013

## 1.1 PROBLEEMSTELLING & DOELSTELLING

De verbranding van fossiele brandstoffen vormt een forse bijdrage aan de totale CO<sub>2</sub>-emissie van het land (Netbeheerder Nederland, 2011). Om de algemene CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen te halen moet het energiesysteem daarom minimaal dezelfde 80% uitstootreductie behalen. In 1990 bedroeg de totale CO<sub>2</sub>-emissie van de energiebedrijven 39.810 miljoen kilogram, in 2015 is dit gestegen naar 52.820 miljoen kilogram (CBS, 2017e). De scope van dit onderzoek betreft het Nederlandse elektriciteitsnetwerk. Er is daarom gekozen om onderzoek te doen naar wat de verwachte problemen en mogelijke oplossingen gaan zijn wanneer de elektriciteitssector een CO<sub>2</sub>-reductie van 80% richting 2050 gaat halen.

Er zijn verschillende manieren waarop het elektriciteitssysteem de CO<sub>2</sub>-reductie kan gaan halen. Hoewel de Nederlandse overheid een energiebeleid voert, kan zij niet precies plannen hoe de energiemix eruit gaat zien richting 2050. Sommige CO<sub>2</sub>-neutrale bronnen zoals windmolenparken of de verbranding van fossiele brandstoffen met afvang en opslag van de uitstoot zijn centraal van karakter en vragen geen of beperkte aanpassingen in het elektriciteitsnetwerk. Van andere bronnen zoals opwekking door middel van zonnepanelen wordt verwacht dat er behoorlijk wat aanpassingen in het huidige centraal ingerichte elektriciteitsnetwerk nodig gaan zijn (PWC, 2014; Scholtens & Zuidema, 2015). De verschillende CO<sub>2</sub>-neutrale elektriciteitsbronnen vragen andere beleidsinterventies voor de infrastructuur van elektriciteit. Wat de verschillende elektriciteitsbronnen voor invloed hebben op de betrouwbaarheid en betaalbaarheid van het elektriciteitssysteem is tot op heden nog niet voldoende in kaart gebracht (SER, 2016). Het eerste probleem van de energiedoelstellingen is daarom dat tot op heden nog niet is onderzocht wat het reduceren van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de elektriciteitsopwekking betekent voor het elektriciteitsnetwerk in zijn geheel. Het is niet bekend in welk tempo het aandeel van hernieuwbare bronnen in het Nederlandse energiesysteem zich gaat ontwikkelen (Donker et al., 2015). De Nederlandse overheid heeft voor de periode vanaf 2023 tot 2050 geen actief beleid om aan te sturen wat voor elektriciteitsproductielocaties op een bepaald moment gebouwd gaan worden. Netbeheerders hebben echter de wettelijke taak om te allen tijden een betrouwbaar, betaalbaar en

duurzaam energiesysteem te garanderen. De investeringen die netbeheerders doen in hun infrastructuur hebben een gemiddelde levensduur van 40 tot 80 jaar (Netbeheerder Nederland, 2011). Netbeheerders moeten voor hun investeringen daarom “anticiperen op mogelijke ontwikkelingen ten behoeve van investeringsbeslissingen over eventuele verzwaaring van het elektriciteitsnet” (Donker et al., 2015, p. 34). Om de betaalbaarheid van het netwerk te waarborgen is afwachten de meest effectieve investeringsstrategie voor netbeheerders. Als netbeheerders afwachten met investeren in infrastructuur kan dit er echter toe leiden dat de infrastructuur te laat wordt op geleverd. Hierdoor kan het gebeuren dat de klimaatdoelen niet gehaald kunnen worden omdat hernieuwbare energie niet getransporteerd kan worden. Zonder goed te weten waar, waarin en wanneer er geïnvesteerd moet worden kan het daarnaast gebeuren dat er in infrastructuur wordt geïnvesteerd die achteraf ondoelmatig blijkt te zijn geweest (Netbeheerder Nederland, 2011). Het tweede probleem is daarom dat netbeheerders investeringen moeten doen om het elektriciteitssysteem klaar te maken voor de toekomst zonder dat zij van tevoren weten welke elektriciteitsbronnen dominant gaan worden en waar zij dus de problemen kunnen verwachten.

De branchevereniging van netbeheerders schrijft hierover dat er onzekerheid heerst in de branche over welke investeringskeuzes er gemaakt moeten worden om het elektriciteitsnetwerk klaar te maken voor 2050 (Netbeheerder Nederland, 2013). Om de juiste investeringskeuzes te kunnen maken is het belangrijk voor zowel de maatschappij, politiek als voor de netbeheerders om inzicht te hebben in wat de financiële, juridische en maatschappelijke consequenties van de verschillende hernieuwbare elektriciteitsbronnen zijn voor het elektriciteitsnetwerk. Daarom is het onderzoeksdoel:

**‘Inzicht geven in welke acties nodig zijn om het Nederlandse elektriciteitsnetwerk betrouwbaar en betaalbaar te houden wanneer de opwekking van duurzame elektriciteit tussen 2018 en 2050 toeneemt.’**

## 1.2 MAATSCHAPPELIJKE RELEVANTIE

Voor infrastructuur in het algemeen geldt dat hoe betrouwbaarder het netwerk is, hoe meer de samenleving steunt op het deugdelijk functioneren van het netwerk. Als gevolg hiervan geldt ook dat de gevolgen groter worden in het geval dat het netwerk disfunctioneert (Steetskamp & Van Wijk, 1994). De Nederlandse samenleving is afhankelijk van een stabiele elektriciteitsvoorziening. Een goed werkend netwerk wordt als vanzelfsprekend beschouwd (Verbong & Van der Vleuten, 2004). Wanneer de elektriciteit uitvalt dan vallen andere cruciale utiliteiten zoals telecom of warmte in het huidige systeem ook uit. Steetskamp en Van Wijk (1994) spreken daarom van een ‘dubbele kwetsbaarheidparadox’ met betrekking tot de elektriciteitsvoorziening. Voor de maatschappij is het dus belangrijk dat het elektriciteitsnetwerk zo betrouwbaar mogelijk is. Dit onderzoek is daarom relevant voor de maatschappij doordat het antwoord geeft op de door de Sociaal-Economische Raad (2016) gestelde vraag inzicht te geven in welke investeringen in het netwerk nodig zijn om in 2050 een CO<sub>2</sub>-neutraal elektriciteitssysteem betrouwbaar en stabiel te kunnen laten functioneren.

In het rapport ‘Net voor de toekomst’ uit 2011 schrijft de branchevereniging van Netbeheerders dat netbeheerders afhankelijk van de ontwikkeling in de energiemix richting 2050 verwachten een bedrag tussen de 20 tot 71 miljard euro te moeten investeren. De kosten van het elektriciteitsnetwerk worden via de netbeheerders direct doorgerekend aan de eindverbruikers. Aangezien de gehele transitie naar een volledig duurzaam elektriciteitssysteem al hoge investeringen vraagt, is het in het

maatschappelijke belang om de juiste investeringskeuzes te maken om zo het elektriciteitsnetwerk betaalbaar en tegelijkertijd betrouwbaar te kunnen houden. Inzicht in de gevolgen van het inpassen van decentrale elektriciteitsbronnen op het elektriciteitsnetwerk draagt bij aan het maken van de juiste investeringen voor het netwerk. Dit onderzoek is daarom relevant om inzicht te geven in hoe het elektriciteitsnetwerk richting 2050 zowel betrouwbaar als betaalbaar gehouden kan worden wanneer de instroom van CO<sub>2</sub>-neutrale elektriciteitsopwekking toe gaat nemen.

### 1.3 WETENSCHAPPELIJKE POSITIONERING

Problemen in de maatschappij zijn in toenemende mate complexer aan het worden waardoor er vanuit bestuurlijk oogpunt vraag is naar nieuwe methodes en theorieën om deze problemen te kunnen analyseren en aan te kunnen pakken. Vanuit de bestuurskunde is daardoor in 2001 door Rotmans et al. de transitie management theorie opgesteld. Deze theorie biedt een aanpak waarmee complexe maatschappelijke veranderingen geanalyseerd kunnen worden en stelt dat deze aanpak gebruikt kan worden om complexe beleidsproblemen aan te pakken. Van der Brugge heeft in 2005 de aanpak uitgetest op een case in het water management en Loorbach (2010) heeft de theorie uitgebreid door een raamwerk op te stellen waarmee transities geïnitieerd en bijgestuurd kunnen worden. De speerpunten uit de transitie management theorie zijn daarom in de Nederlandse politiek toegepast om de energietransitie mee te stimuleren. Na een vliegende start is dit project genaamd 'energietransitie' echter afgeschaald tot een zeer beperkte werkgroep binnen het ministerie van EZ en is de slagkracht ernstig beperkt (Hendriks, 2008; Rotmans, 2011).

In de planologische wereld wordt er in toenemende mate gezocht naar een methode waarmee plannen kunnen gemaakt die rekening houden met een grote mate van onzekerheid over de toekomst. Een planningsmethode waarmee plannen kunnen worden geschreven die rekening houden met deze onzekerheid is dynamisch adaptief plannen (DAP). Deze methode gaat uit van een plan waarin een strategische visie met acties voor de korte termijn is opgesteld (Albrechts, 2004). Vanuit DAP is door Hasnoot et al. (2012b) de Dynamic Adaptive Policy Pathway (DAPP) aanpak ontwikkeld. Zij hebben deze aanpak met grote interesse van Nederlandse beleidsambtenaren getest voor het maken van een langetermijnplan om het waterpeil in een fictieve case te managen. Een van de aanbevelingen van hun onderzoek was het uittesten van dit onderzoek in andere domeinen. Voor de planologie vormt dit onderzoek daarom een meerwaarde doordat in dit onderzoek de aanpak van de dynamische adaptieve beleidspaden uittest in het energiedomein.

De meeste planologische domeinen zoals waterplanning of wegenbouw kennen een uitgebreide planningstraditie. Over de planning van het elektriciteitsnetwerk is echter decennialang weinig geschreven binnen de ruimtelijke wetenschap. Pas sinds de liberalisatie van de jaren '90 en vooral sinds de inzet van de energietransitie is de interesse van de planologie in energieplanning en energiemanagement aan het opleven. Voor de wetenschappelijke literatuur vormt dit onderzoek een bijdrage aan de kennis over het institutionele kader waarbinnen het elektriciteitsnetwerk de transitie naar een duurzaam systeem doormaakt.

## 1.4 HOOFDVRAAG EN DEELVRAGEN

Uitgaande van de probleem- en doelstelling van dit onderzoek luidt de onderzoeksvraag als volgt:

**‘Op welke manieren kan de dynamic adaptive policy pathway aanpak een toegevoegde waarde vormen bij het plannen van investeringen in het Nederlandse elektriciteitsnetwerk?’**

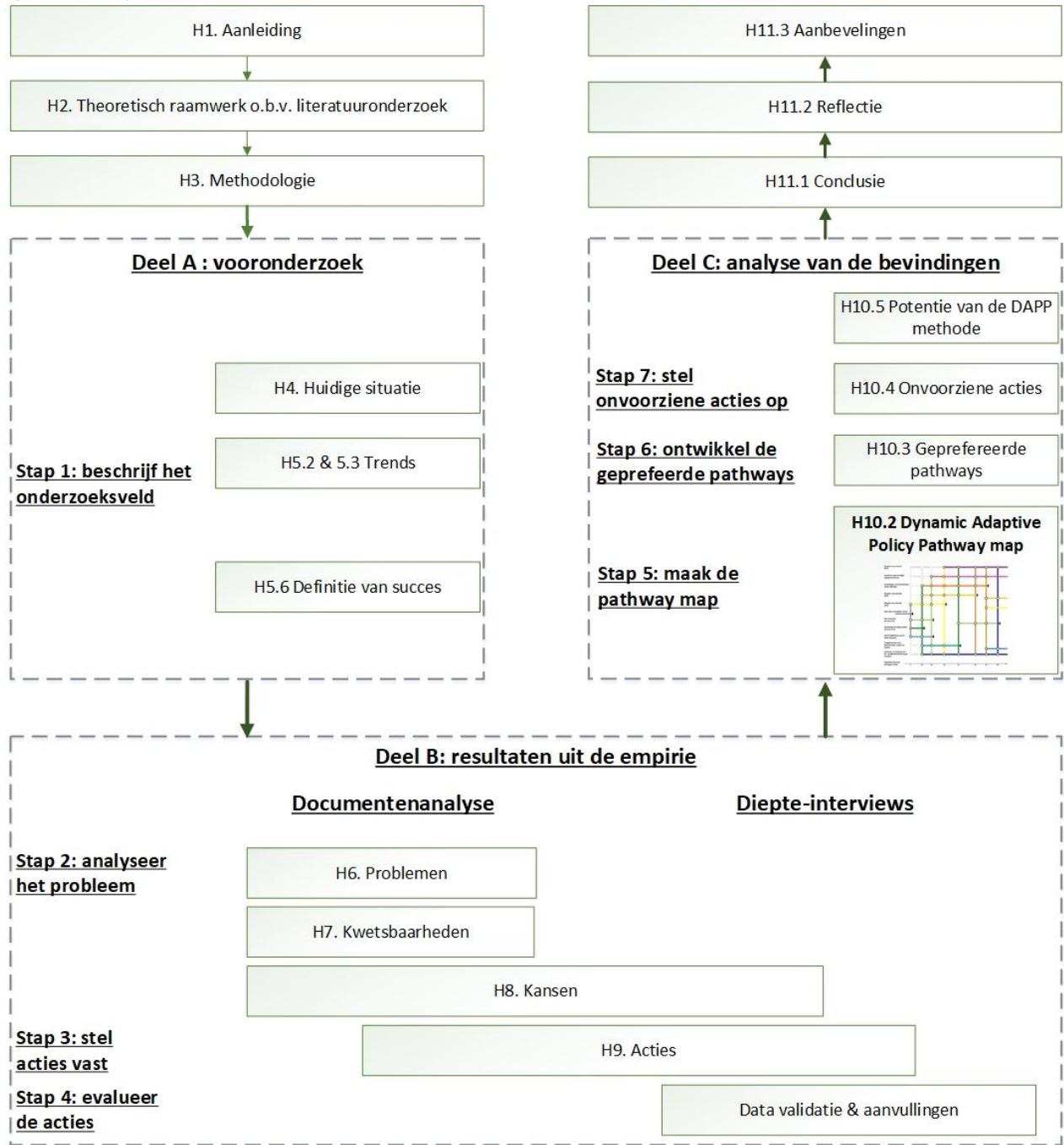
Om tot een antwoord op de onderzoeksvraag te komen zijn er de volgende deelvragen opgesteld:

1. Welke relevante planningstheorieën vormen een bijdrage bij het analyseren en het plannen van het Nederlandse elektriciteitssysteem?
2. Wat zijn de kenmerken van de dynamic adaptive policy pathway aanpak en hoe kan deze aanpak gebruikt worden bij het plannen van elektriciteitsinfrastructuur?
3. Wat zijn de kenmerken en trends binnen het huidige Nederlandse elektriciteitssysteem en welke problemen zijn er te verwachten wanneer er een substantiële CO<sub>2</sub>-reductie in de elektriciteitsproductie plaats gaat vinden?
4. Welke kansen en kwetsbaarheden worden er voor het elektriciteitsnetwerk verwacht en welke acties zijn er nodig om het elektriciteitsnetwerk betrouwbaar en betaalbaar te houden wanneer in 2050 een CO<sub>2</sub>-reductie van 80% heeft plaatsgevonden in de elektriciteitssector?
5. Wat zijn de bruikbare en de minder bruikbare aspecten van de dynamic adaptive policy pathway aanpak wanneer deze wordt gebruikt voor het plannen van investeringen in elektriciteitsinfrastructuur?

## 1.5 LEESWIJZER

Dit onderzoek begint met een inleidend gedeelte waarin de aanleiding, het theoretische kader en de methodologie van deze studie worden uitgelegd. Daarna volgt deel A waarin het onderzoeksveld beschreven wordt. Hier is te vinden onder andere te vinden hoe het elektriciteitsnetwerk is ingericht, wat de doelen richting 2050 zijn en wat de definitie van succes voor het onderzoek is. In deel B zijn de resultaten uit het empirische onderzoek te vinden. Deel C bestaat uit de bevindingen die worden geanalyseerd op basis van een eerste proefversie van de DAPP metro map voor het Nederlandse elektriciteitsnetwerk. Het onderzoek sluit af met een conclusie, reflectie en aanbevelingen. Een overzicht van de hoofdstukken en de indeling is terug te vinden in de leeswijzer in figuur 1-3.

Figuur 1-3: leeswijzer van het onderzoek.



## 2 THEORETISCH RAAMWERK

Het energiesysteem is voor lange tijd in handen van overheidsorganen geweest. Door de liberalisering van de sector zijn de energiebedrijven voor het grootste deel in private handen gekomen. In dit hoofdstuk worden eerst de veranderende rol van de overheid en de gevolgen daarvan voor de manier waarop het land bestuurd wordt toegelicht. Daarna worden de kenmerken van de transitie management theorie van Rotmans et al. (2001) en de invloed hiervan op de Nederlandse energiesector beschreven. Vervolgens wordt de vanuit het dynamisch adaptieve plannen ontwikkelde dynamic adaptive policy pathway aanpak beschreven (Hasnoot et al. 2012b). Het hoofdstuk resulteert in het conceptueel model van dit onderzoek. Dit hoofdstuk gaat antwoord geven op de eerste deelvraag: 'Welke relevante planningstheorieën vormen een bijdrage bij het analyseren en het plannen van het Nederlandse elektriciteitssysteem?' en deels op de tweede deelvraag: 'Wat zijn de kenmerken van de dynamic adaptive policy pathway aanpak en hoe kan deze aanpak gebruikt worden bij het plannen van elektriciteitsinfrastructuur?'

### 2.1 DE VERANDERENDE ROL VAN DE OVERHEID

De Nederlandse overheid heeft na afloop van de Tweede Wereldoorlog een centraliserende trend doorgemaakt. Het vertrouwen in een sterke centrale overheid werd gesteund door de aanname dat (nationale) overheden een sterke controle over sociale processen hebben en het 'publieke belang' het beste kunnen dienen (Zuidema & De Roo, 2015). Een voorbeeld van een sterke centrale nationale overheid die een voorbedacht plan als het ware 'uitrolt' is de Nederlandse transitie van een op steenkolen leunende naar een op aardgas gedreven energiesysteem (Rotmans et al. 2001). In dit voorbeeld heeft de centrale overheid de spreekwoordelijke touwtjes strak in handen gehad en kon zij een snelle transitie in gang zetten. Door decentralisatie is de nationale overheid de controle over een aantal sectoren (deels) kwijt aan de lagere overheidsniveaus. Door liberalisering is de overheid haar directe invloed in sectoren als de telecom, spoorwegen en energie (deels) kwijt geraakt aan marktpartijen. Waar eerder een sterke 'government' gebruikelijk was, wordt er nu meer met de principes van 'governance' gewerkt (Klijn, 2008).

#### 2.1.1 HET VERSCHIL TUSSEN 'GOVERNMENT' EN 'GOVERNANCE'

Het is algemeen geaccepteerd dat onze maatschappij complexer en meer gefragmenteerd is dan werd aangenomen in de jaren 1950 en 1960 (Zuidema & De Roo, 2015). De afgelopen decennia zijn de aannames over de voordelen van een sterke centrale overheidssturing daarom kritisch herbekeken door academici zoals Rhodes (1996), Stoker (1998) en Castells (2000). Sinds de jaren 1980 heeft er een verschuiving van een centraal gestuurde top-down overheid naar een meer voorwaarden scheppende decentrale overheid plaats gevonden. Deze vorm van sturing past beter bij de complexe maatschappij van de moderne tijd (Spit & Zoete, 2006; Zuidema & De Roo, 2015). De veranderingen in bestuur worden in de wetenschappelijke literatuur gezien als een verschuiving van 'government' naar 'governance' (Klijn, 2008) en vragen om een andere insteek van besturen door de nationale overheid. Het begrip government refereert volgens Rosenau (1992) aan de 'activities that are backed by formal authority' wat door de wetenschappelijke literatuur in het algemeen wordt bevestigd (Stoker, 1998; Osborne & Gaebler, 1993). De definitie van 'governance' is minder eenduidig. Rhodes (1996) noemt

zes interpretaties van het begrip en omschrijft 'governance' breed als een verandering in de manier van 'government'. Hij geeft aan dat het een ander regeerproces is en ziet het als een andere methode van hoe de overheid met de maatschappij omgaat. Volgens Klijn (2008) is de overeenkomst tussen de vele definities in de wetenschappelijke literatuur dat de definities van 'governance' zich allemaal focussen op de vraag hoe het regieproces te leiden en niet op de achterliggende structuren. Voor dit onderzoek wordt uitgegaan van de definitie die Teisman et al. (2009) hanteren. Zij stellen dat 'governance' inhoudt dat als gevolg van de veranderende rol van de overheid er een grotere rol voor burgers en private partijen is weggelegd. Hierdoor ligt de nadruk meer op overleg, de uitwisseling van argumenten en informatievergarig in plaats van centrale sturing van bovenaf.

---

### 2.1.2 DE VERANDERINGEN BINNEN DE NEDERLANDSE OVERHEID

Parallel aan de verschuiving van een sterke 'government' naar een meer netwerk sturende 'governance' vorm van besturen heeft er een trend van decentralisatie, liberalisering, privatisering en deregulatie plaats gevonden binnen het Nederlandse bestuur (De Roo en Voogd, 2004).

#### DECENTRALISATIE

Decentralisatie wordt in brede zin gedefinieerd als het delegeren van bevoegdheden naar lagere overheden (De Leeuw, 1982). Het decentraliseren van bestuurstaken is volgens Hutchcroft (2001) een duidelijke trend van deze tijd. Drie redenen zijn leidend om een beleid van decentralisatie te voeren. Ten eerste hebben lokale overheden meer kennis van lokale tijds- en plaats specifieke belangen waar zij gebruik van kunnen maken tijdens het planningsproces (Lemos, 2006). Door de betere kennis over de lokale belangen verkeren lokale overheden ten tweede in een betere positie om samen te werken met lokale actoren en belanghebbenden (Zuidema & De Roo, 2015; Lemos, 2006). Deze kennis en connecties stellen lokale overheden in staat om de lokale belangen beter te integreren in een beleid vergeleken met centrale overheden (Zuidema & De Roo, 2015). Decentralisatie leidt tot slot tot meer draagvlak onder de lokale bevolking omdat de beslissingen dichterbij de mensen die erdoor worden getroffen worden gemaakt (De Roo, 2004; Lemos, 2006). Dit laatste leidt tot een hogere participatie en meer verantwoordelijkheid onder de lokale bevolking (Lemos, 2006). Door deze voordelen wordt bij het aanpakken van de meer complexe problematiek en het plannen op een lokale geografische schaal een decentrale aanpak boven een centrale aanpak verkozen (Zuidema & De Roo, 2015). Doordat het centrale gezag over een aantal domeinen uit handen is gegeven kan de Nederlandse overheid hierdoor minder slagvaardig optreden om bijvoorbeeld een transitie te versnellen zoals tijdens de transitie naar een door gas verwarmde maatschappij (Rotmans et al., 2001).

#### LIBERALISERING, PRIVATISERING EN DEREGULATIE

De opkomst van IT, de economische crisis in de westerse wereld in de jaren 1970 en de veranderingen in 'governance' kunnen volgens De Bruijne (2006) niet los van elkaar beschouwd worden. De opkomst van de IT maakte het mogelijk om zowel de technische als de bestuurlijke kant van een (bestuurlijk) netwerk her in te richten. Ontwikkelingen in de IT, zoals goedkope computers, maakten het mogelijk voor nutsbedrijven om te decentraliseren, management te desintegreren en nieuwe functies en mogelijkheden te ontwikkelen (Edwards, 1998; McGowan, 1999). Waar eerder grote, gecentraliseerde

organisaties een groot voordeel hadden door hun 'economies of scale', wonnen kleinere decentrale met elkaar communicerende netwerken terrein. Zij kunnen zich sneller aanpassen aan technologische veranderingen, wisselingen in vraag en aanbod en een kortere levenscyclus van producten (Powell, 1990; Miles & Snow, 1992; Dibrell & Miller, 2002). De wereldwijde economische crisis in de jaren '70 en de in sommige geïndustrialiseerde landen verminderde vraag naar publieke diensten (Graham & Marvin, 2001) veroorzaakten kritiek op het gecentraliseerde productiesysteem (Steenhuisen & De Bruijne, 2006). Critici beweerden dat de stijgende prijzen van aan infrastructuur gerelateerde diensten te wijten waren aan het gebrek aan marktwerking. In de Europese Unie werd het neoliberalisme als oplossing voor de eerdergenoemde problemen beschouwd. Een van de idealen van neoliberalisme is het behalen van grotere efficiëntie, lagere prijzen en betere dienstverlening door het introduceren van marktwerking in het publieke domein (Sidak & Spulber, 1998). Dit kan bereikt worden door een beleid van privatisering, liberalisatie en deregulatie (Castells, 2000; Graham & Marvin, 2001). Privatisering is het verplaatsen van diensten uit het publieke naar het private domein (Schneider & Jäger, 2003). Liberalisatie houdt in dat de barrières voor competitie weg worden gehaald (Ehrhart & Burdon, 1999). Deregulatie wordt tot slot omschreven als het reduceren van regelgeving met als doel de onderlinge competitie te bevorderen (Derthick & Quirk, 1985).

In de Europese Unie werden midden jaren 1990 richtlijnen voor de energiesector opgesteld. Deze richtlijnen moesten de lidstaten overnemen in hun wetgevingen. Om te voldoen aan de eerste Europese Electricity Directive 96/92/EC stelde de Nederlandse overheid in 1998 de Elektriciteitswet op. Na de afronding van de liberalisering zijn de potentieel competitieve segmenten (opwekking en levering) gescheiden van de monopolistische segmenten (transmissie en distributie) en kunnen commerciële bedrijven elkaar op het nationale elektriciteitsnetwerk beconcurreren (Van Damme, 2005). De Nederlandse energiebedrijven zijn gesplitst in productie- en transportbedrijven. De productiebedrijven zijn voor het grootste deel verkocht aan de private sector terwijl de netbeheerders in handen van de overheid zijn gebleven.

---

### 2.1.3 VAN CENTRALE STURING NAAR NETWERKSTURING

Het inkrimpen van de centrale staat kan ertoe leiden dat beleid gefragmenteerd raakt, dat sturing moeilijker wordt en dat er onduidelijkheid over de verantwoordelijkheid voor beslissingen ontstaat (Rhodes, 1996). Wie de verantwoordelijkheid draagt voor bepaalde situaties kan moeilijk te bepalen zijn voor actoren binnen volledig zelfsturende netwerken. Binnen een zelfsturend netwerk is het daarnaast mogelijk dat de belangen van de mensen die niet binnen het netwerk of de groep horen niet worden nagestreefd door het netwerk (Newman, 2001; Stoker, 1998). Als mogelijke oplossing voor deze problemen suggereert Stoker (1998) daarom om enige vorm van 'government' terug te brengen in het netwerk. De 'government' kan dan de belangen van het algemene doel en degenen die niet tot het netwerk behoren behartigen. Door het netwerk alleen indirect bij te sturen wanneer het nodig is en de 'government' geen volledige soevereiniteit te geven kan het netwerk wel een zekere mate van autonomie behouden.

Sinds de liberalisering van 1998 heeft het Nederlandse energiesysteem zich ontwikkeld tot het eerdergenoemd netwerk van onderling verweven actoren. In dit systeem heeft de overheid door subsidies en regelgevingen in te voeren nog wel enige invloed. De publieke sector heeft daarnaast een



meerderheidsbelang in de verzelfstandigde netbeheerders. Hierdoor is de door Stoker bepleite (1988) vorm van centrale sturing op het netwerk vanuit de overheid formeel gezien mogelijk gebleven. Er worden binnen de Nederlandse overheid echter “weinig richtinggevende parlementaire discussies” (Steenhuisen & De Bruijne, 2014, p. 5) gehouden over de rol van netbeheerders binnen de energietransitie. Over de politieke discussies die wel gehouden worden schrijven zij dat deze vaak tot “moeilijk te interpreteren handelingskader voor netbeheerders” (Steenhuisen & De Bruijne, 2014, p. 5) leiden. De politiek is doorgaans grillig, op incidenten gedreven en vluchtig waardoor de geopperde netwerksturing maar gedeeltelijk bij de overheid gevonden kan worden (Steenhuisen & De Bruijne 2014).

---

#### 2.1.4 HET NETBEHEERDERSDILEMMA

De rol van de netbeheerders is in Nederland verankerd in de Elektriciteitswet van 1998 (artikel 16). Hun taken worden door de politiek vastgesteld en omvatten primair het waarborgen van de veiligheid en leveringszekerheid van het netwerk. Op het eerste gezicht lijkt dit een helder gedefinieerd takenpakket maar de rol van netbeheerders is in werkelijkheid minder duidelijk dan dat het lijkt. Door de gehele energietransitie verwachten netbeheerders tussen de 20 en 71 miljard euro tot 2050 extra te moeten investeren in hun infrastructuur om de energietransitie te kunnen faciliteren. Op dit moment stimuleert de huidige regelgeving netbeheerders om deze investeringen zo lang mogelijk uit te stellen. Wanneer netbeheerders investeren dan krijgen zij te maken met verschillende onzekerheden. Dit kunnen onzekerheden omtrent de vraag naar energie, draagvlak, technologische ontwikkelingen en regelgevingen zijn. Hierdoor kan het kostenverlagend zijn om eerst deze ontwikkelingen af te wachten alvorens grote investeringen te doen. Aan de andere kant kan het juist kostenverhogend zijn wanneer netbeheerders te lang afwachten. Van netbeheerders wordt verwacht dat zij het net beheren wat inhoudt dat elektriciteit (bijna) altijd beschikbaar moet zijn. Zij moeten echter ook doelmatig zijn om de betaalbaarheid van het elektriciteitsnetwerk te waarborgen. Netbeheerders moeten dus waarden en belangen afwegen maar hoe zij dit institutioneel moeten doen wordt niet in de wet vermeld. Dit principe dat netbeheerders zowel geen roekeloze investeerder als remmende factor willen zijn wordt het ‘netbeheerdersdilemma’ genoemd (Steenhuisen & De Bruijne, 2014). Omgaan met het netbeheerdersdilemma is een complexe zaak omdat het dilemma vele actoren met verschillende belangen kent. Daarnaast spelen problemen met de governance mee doordat de netbeheerders zelfstandige bedrijven zijn die in het bezit zijn van de overheid maar hun kosten doorrekenen aan de eindgebruiker. Problemen die meervoudig complex zijn, een dusdanige onzekerheid met zich mee brengen en daarnaast ook vraagstukken brengen op het gebied van governance worden als persistente problemen omschreven (Dirven et al., 2012).

#### 2.2 TRANSITIEMANAGEMENT THEORIE

De transitie management theorie wordt in de wetenschappelijke literatuur gepositioneerd in het domein waar wordt gezocht naar de oplossing hoe met persistente problemen omgegaan kan worden. De theorie richt zich op langdurige maatschappelijke problemen en schrijft een aanpak voor die zich richt op het initiëren en van een transitie. Een transitie is een verandering van een geheel systeem (Rotmans et al., 2001). Het traditionele Nederlandse planologische perspectief gaat min of meer uit van één onveranderlijke werkelijkheid die aangestuurd kan worden door een centrale partij.

Deze 'blauwdrukplanning' staat echter al enige tijd onder druk doordat het idee dat de toekomst voorspelbaar is achterhaalt blijkt te zijn (De Roo, 2015). Vanuit de bestuurskunde is een theorie ontwikkeld die zich richt op het analyseren van complexe problemen, rekening houdend met een onvoorspelbare toekomst. Deze theorie is ontwikkeld door Rotmans et al. (2001), uitgetest op een Nederlandse water case door Van der Brugge et al. (2005) en de methodologie is verder uitgewerkt door Loorbach (2010). De Nederlandse overheid heeft vrij snel na het verschijnen van deze theorie het project 'energietransitie' gestart om met de hulp van de transitie management theorie de Nederlandse energietransitie te begeleiden (Rotmans, 2011).

---

### 2.2.1 KENMERKEN VAN DE TRANSITIEMANAGEMENT THEORIE

De transitie management theorie heeft als doel om een transitie binnen een systeem te begeleiden. Het uitgangspunt van de theorie is dat doordat de inrichting van moderne geïndustrialiseerde landen steeds ingewikkelder raakt, de problemen van de maatschappij ook steeds gecompliceerder worden. Sommige van deze problemen zijn 'persistent'. Dat wil zeggen dat ze ongestructureerd en erg complex zijn omdat de kern van het probleem zich in verschillende maatschappelijke domeinen voordoet, op verschillende schaalniveaus afspeelt en er verschillende soorten actoren bij zijn betrokken (Dirven et al. 2012). Een analyse van het gehele systeem kan helpen om deze problemen beter te begrijpen en een verandering van het gehele systeem is nodig om deze problemen op de lange termijn op te kunnen lossen (Loorbach, 2010).

Een transitie is een gradueel, doorlopend proces van structurele veranderingen in de manier hoe een systeem werkt (Rotmans et al., 2001; Van der Brugge, 2005). Transitie management theorie biedt hulp om de veranderingen van het zogenoemde 'sociaal-culturele landschap' te begeleiden naar de gewenste richting (Loorbach, 2010). Hoewel een transitie valt te managen kan een transitie niet simpelweg met 'command and control' stap voor stap worden aan- en bijgestuurd (Van der Brugge, 2005). Het transitieproces is niet vooraf vast te leggen en valt alleen in bredere lijnen te beschrijven. Niet alle transities verlopen daarom op dezelfde wijze. Tijdens een transitie versterken verschillende onderling verbonden domeinen elkaar wat tot een zichzelf versterkend effect leidt (Rotmans et al., 2001). Transities vinden plaats op verschillende schaalniveaus (multilevel), bestaan uit verschillende fases (multi-fase) en hebben volgens de theorie sturing door een transitie manager nodig. In tegenstelling tot blauwdrukplanning waar tijdens de uitrol geen veranderingen meer in het plan of de uitvoer van het plan mogen plaats vinden is transitie management juist gefundeerd op leren van het proces. In de transitie management theorie is er daarom relatief veel aandacht voor het doen van experimenten (Van der Brugge, 2005).

---

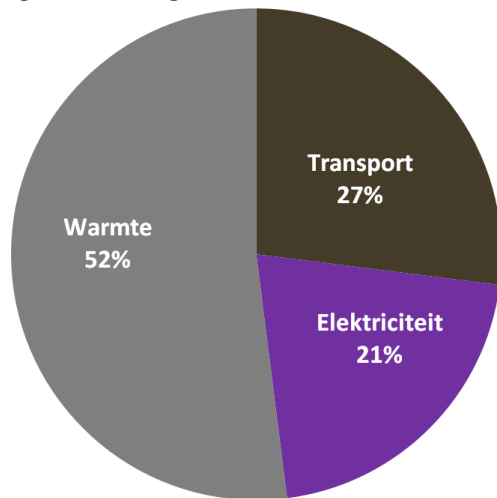
### 2.2.2 HET NEDERLANDSE ELEKTRICITEITSSYSTEEM VANUIT HET MULTILEVEL PERSPECTIEF

Het multilevel concept onderscheidt de verschillende schaalniveaus waarop transities plaatsvinden. Gebaseerd op de classificatie van Rip et al. (1998) om veranderingen in functiegeoriënteerde systemen gerelateerd aan voedselenergie te onderscheiden zijn er in de transitietheorie drie niveaus

aan te duiden: het sociaaltechnische landschap, de regimes en de niches. Meer algemeen worden deze schaalniveaus ook wel als macro, meso en micro aangeduid (Rotmans et al., 2001).

In Nederland wordt zoals in figuur 2-2 valt te zien de meeste energie gebruikt voor het verwarmen van gebouwen, gevolgd door de sector transport en pas als derde komt de sector elektriciteit. Hoewel de snel slinkende nationale gasvoorraad en de elektrificatie van het wagenpark invloed hebben op de energiesector in zijn geheel, is er voor dit onderzoek gekozen alleen de sector elektriciteit verder te bestuderen vanuit het multilevel perspectief omdat de scope van dit onderzoek alleen de elektriciteitssector omvat.

Figuur 2-1: verdeling van de in 2015 in totaal verbruikte energie binnen Nederland (CBS, 2017f).



Op het macroniveau wordt het maatschappelijke landschap bepaald door de dynamiek van het systeem als geheel. Op dit niveau spelen relatief trage en grootschalige veranderingen. In Nederland zijn met name de economische afhankelijkheid en de toegang tot natuurlijke energiebronnen bepalend voor de remming van de energietransitie op het macroniveau (Rotmans et al., 2001). Door het gebrek aan hoogteverschil zijn er weinig mogelijkheden om elektriciteit doormiddel van waterkracht op te wekken. Europese landen zoals Zweden of Oostenrijk waar wel veel hoogteverschil is wekken daardoor traditioneel al meer hernieuwbare elektriciteit op met hun waterkrachtcentrales (Eurostat, 2016) in vergelijking met Nederland dat lange tijd toegewezen is geweest op het verstoken van fossiele brandstoffen om aan (betaalbare) energie te kunnen geraken. Hierdoor is Nederland sterk verweven met de fossiele brandstoffenindustrie wat het maken van een transitie afremt (Rotmans et al., 2001). Met de opkomst van hernieuwbare bronnen wordt onder andere biomassa genoemd als potentiële energiebron waarmee de klimaatdoelen gehaald kunnen gaan worden. Om een substantieel hoeveelheid zoals bijvoorbeeld 600 PJ aan biomassa per jaar te verbruiken is er echter meer landbouwareaal nodig dan dat er beschikbaar is in Nederland (Rooijers et al., 2014). Biomassa kan worden geïmporteerd uit andere landen. Doordat de gehele Europese Unie zich verbonden heeft aan dezelfde klimaatafspraken is het echter te verwachten dat de vraag naar biomassa in de gehele Unie gaat toenemen. Op import van biomassa hoeft daarom niet gerekend te worden. De bewegingen op het macroniveau die de energietransitie versterken zijn de verankering van klimaatdoelen in wetgeving en het steeds rendabeler worden van investeringen in duurzame energieprojecten. Doordat klimaatafspraken in de Europese Unie steeds vaker worden omgezet in wetgevingen is het vrijblijvende karakter van een aantal klimaatdoelen verdwenen. In 2016 werd dit duidelijk toen

stichting Urgenda, die als doel heeft Nederland meer duurzaam te maken, de Nederlandse overheid succesvol voor de rechter liet verschijnen vanwege het achterblijven van het nemen van maatregelen om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen<sup>1</sup>. De business case van duurzaam opgewekte elektriciteit neemt toe doordat de prijs van elektriciteit opgewekt met zon-PV (het opvangen en omzetten van zonnestraling in elektriciteit met hulp van fotonvoltaïsche panelen, ook wel bekend als zonnepanelen of slechts 'panelen') reeds dalende is (PWC, 2014) en de kosten voor het aanleggen van windturbines op zee verder gaat dalen, zo wordt er verspeld (SER, 2013). Dit beweegt investeerders ertoe om te investeren in duurzame energieprojecten wat tot schaalvergrotingen en daardoor tot weer een verdere kostenreductie leidt.

Op het mesoniveau spelen de regimes hun rol. Regimes zijn instituties, afspraken en normen die het efficiënt uitvoeren van (economische) activiteiten bevorderen. Regimes bestaan vaak uit instituties die gebaat zijn bij het optimaliseren van routines. Om hun investeringen te beschermen staan regimes vaak niet of pas laat open voor systeeminnovaties (Van der Brugge, 2005; Rotmans et al., 2001). In het Nederlandse elektriciteitssysteem bestaat het mesoniveau uit de Nederlandse centrale overheid, de traditionele fossiele brandstoffen industrie en de technische inrichting van de huidige elektriciteitsinfrastructuur. Over het algemeen kan gesteld worden dat de verduurzaming vanuit het regime langzaam verloopt (Rotmans, 2011). Rotmans schrijft dat het tempo van verduurzaming niet door de nationale regering in Den Haag "maar door de dynamiek van bedrijven, burgers en maatschappelijke initiatieven en organisaties" (Rotmans, 2011, p. 18) wordt bepaald. De Nederlandse elektriciteitssector wordt sterk gedomineerd door de gevestigde belangen in de gas- en oliesector die hun investeringen in conventionele energiebronnen zo lang mogelijk proberen te verdedigen (Rotmans et al. 2001). Vanuit technisch oogpunt is het Nederlandse elektriciteitssysteem daarnaast ingericht op het centraal opwekken van elektriciteit in grote traditionele centrales. Voor een transitie naar een CO<sub>2</sub>-neutraal elektriciteitssysteem gaat het aantal decentrale hernieuwbare bronnen toenemen. Hiervoor is "een cultuuromslag bij energiebedrijven, netbeheerders, gemeenten, consumenten, maar ook bij architecten, bouwbedrijven, banken en projectontwikkelaars" nodig (Rotmans, 2011, p. 14).

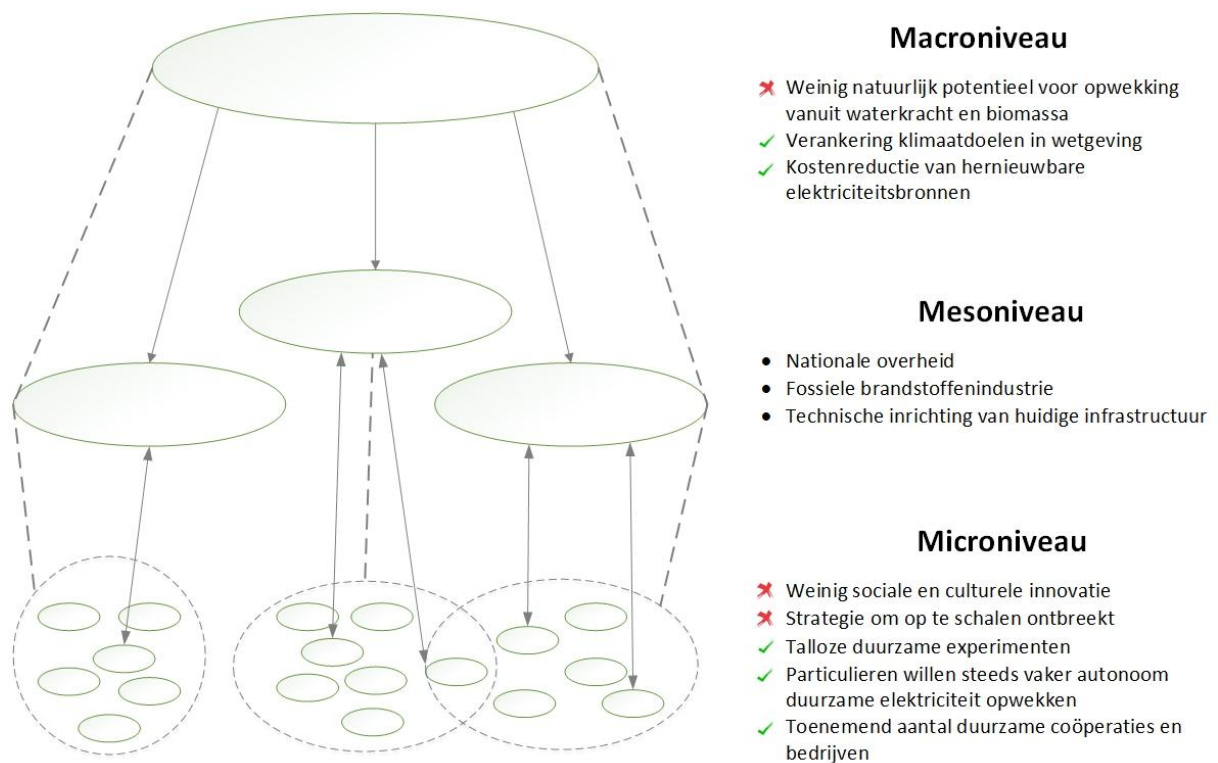
Het microniveau is gerelateerd aan de individuele actoren en lokale gebruiken. Op dit niveau kunnen bewegingen vanaf en naar een equilibrium in gang gezet worden door bijvoorbeeld de ontwikkeling van een nieuwe techniek of andere sociale gebruiken (Van der Brugge, 2005; Rotmans et al., 2001). Op het Nederlandse microniveau wordt er flink geëxperimenteerd met nieuwe technieken zoals smart grid technologie en nemen burgers in toenemende mate het initiatief om zelf elektriciteit op te wekken. Mede door de (economische) doorbraak van zonnepanelen en windenergie is dit laatste sinds de laatste jaren mogelijk. Er zijn in Nederland reeds duizenden lokale koplopers die met allerlei projecten en initiatieven actief deelnemen aan de energietransitie. In sommige gevallen vormen zij gezamenlijk een energiecoöperatie (Rotmans, 2011). Energiecoöperaties zijn verenigingen gevormd door burgers en ondernemers die als doel hebben om de traditionele manieren van energieproductie te veranderen door met nieuwe technologieën zelfstandig decentraal duurzame energie op te wekken (Dóci et al., 2015). Doordat deze coöperaties nieuwe ontwikkelingen kunnen beschermen tegen het

---

<sup>1</sup> Zie uitspraak van de Rechtbank Den Haag inzake het klimaatbeleid, ECLI:NL:RBDHA:2015:7145

regime, vormen zij een 'incubatiekamer' waar volop geëxperimenteerd kan worden met nieuwe technieken en toepassingen (Verbong en Geels, 2007; Bosman et al., 2013). Hoewel het aantal energiecoöperaties in 2016 is gestegen naar 256 (RVO, 2016) zijn zij met een totaal opgewekt vermogen van 0,138 miljoen kW per jaar tegenover een totaal productievermogen van 31,5 miljoen kW per jaar in 2015 voorlopig een druppel op een gloeiende plaat (CBS, 2015). Naast de coöperaties zonder winsttoegmerk zijn er ook in het midden- en kleinbedrijf duurzame bedrijven in opkomst. Greenchoice, Solland Solar en Windunie zijn hier voorbeelden van. Remmende factoren op het microniveau vormen voornamelijk het ontbreken van een strategie om succesvolle experimenten op te schalen zodat ze ingebed kunnen worden in het mesoniveau en de beperkte sociale en culturele innovatie binnen het systeem (Rotmans, 2011). De bewegingen op de verschillende schaalniveaus zijn met hulp van het multilevel model van Rotmans et al. (2001) geïnventariseerd in figuur 2-2.

Figuur 2-2: inventarisatie van de transitie van het fossiele naar een duurzame elektriciteitssector aan de hand van het multilevel model van Rotmans et al. (2001).



### 2.2.3 HET NEDERLANDSE ELEKTRICITEITSSYSTEEM VANUIT HET MULTI-FASE CONCEPT

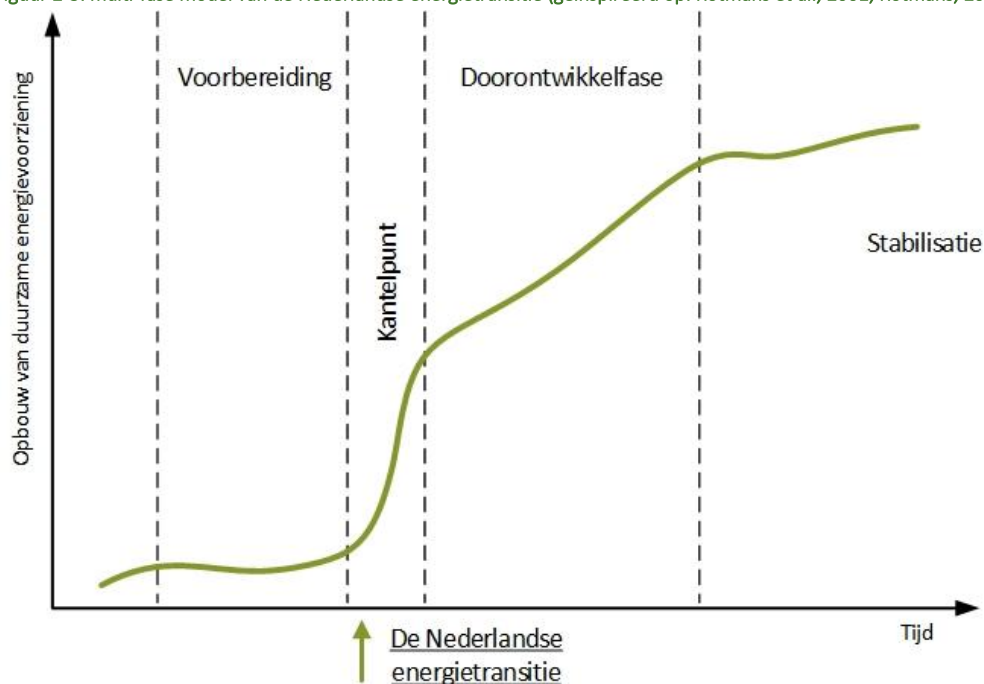
Nadat de verschillende schaalniveaus in kaart zijn gebracht kan met hulp van het multi-fase concept de voortgang van een transitie in kaart gebracht worden. Het multi-fase concept legt de focus op de snelheid van een transitie en onderscheidt hierin vier fases. Eerst begint de voorbereidende fase. In deze fase is er een dynamisch equilibrium waarin er nog niet zichtbare veranderingen gaande zijn. Hierna volgt de kantelfase. In deze fase worden de drempelwaardes overschreden en begint het systeem te veranderen. In de daaropvolgende acceleratiefase vinden zichtbaar structurele veranderingen snel plaats door een accumulatie van maatschappelijke, economische en institutionele veranderingen die elkaar versterken. Een transitie eindigt met een stabilisatiefase waarin de snelheid

van de maatschappelijke veranderingen afneemt en er een nieuw dynamisch equilibrium wordt bereikt (Rotmans et al. 2001). Volgens de transitie management theorie is een systeem na een transitie op een dusdanige schaal veranderd dat het een nieuw evenwicht heeft bereikt zonder dat het nog terug kan naar zijn oorspronkelijke staat (Loorbach, 2010; Van der Brugge, 2005; Rotmans et al., 2001).

## HET NEDERLANDSE ENERGIELANDSCHAP VANUIT HET MULTI-FASE PERSPECTIEF

Zowel op het macro- als op het microniveau is in Nederland een chaotische dynamiek waarneembaar. Deze turbulentie en onrust duidt op de chaos die hoort bij een transitie die in een kantelfase zit. In figuur 2-3 is te vinden waar de Nederlandse energietransitie in het model van Rotmans et al. (2001) past. Tijdens een kantelfase is het systeem kwetsbaar maar staat het systeem tegelijk ook open voor radicale veranderingen. Bij een kantelfase hoort een chaos van initiatieven die over elkaar heen vallen en is het gebruikelijk dat vrijwel niemand meer overzicht over het grotere geheel heeft (Rotmans, 2011). Dit is terug te zien in het Nederlandse energielandschap aan de talloze (vaak decentrale) duurzame initiatieven die zich ontwikkelen naast het overheidsbeleid van windmolenparken op zee gecombineerd met het beleid om verder in te zetten op de CCS technologie.

Figuur 2-3: multi-fase model van de Nederlandse energietransitie (geïnspireerd op: Rotmans et al., 2001; Rotmans, 2011).



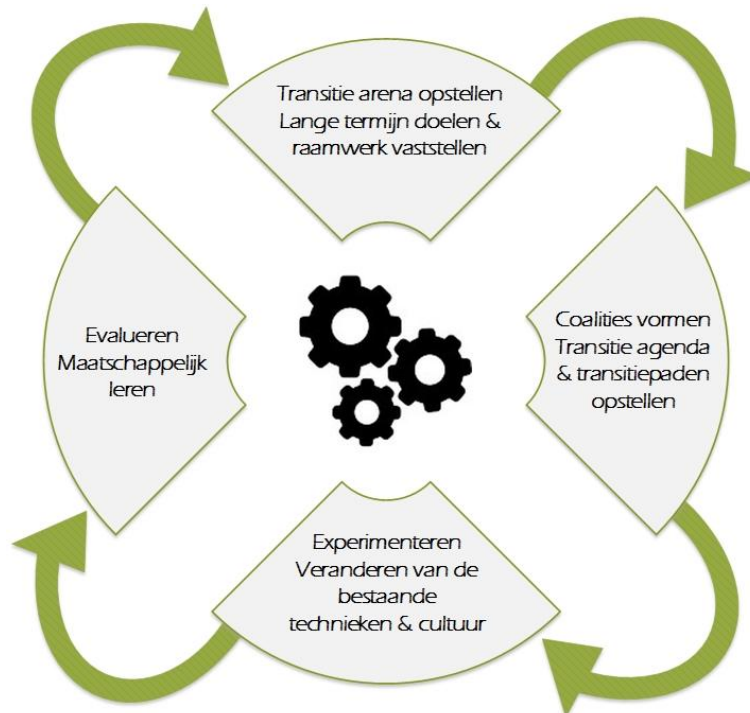
### 2.2.4 KENMERKEN VAN EEN SUCCESVOLLE TRANSITIE

Een combinatie van een duidelijk lange termijn doel en een raamwerk waaraan de korte termijn beslissingen opgehangen kunnen worden, zijn nodig om een transitie te kunnen laten slagen. Transitie management theorie is echter gefundeerd op de assumpties dat de overheid niet langer top-down beslissingen maakt en dat ook de marktwerking geen antwoord kan bieden op het oplossen van langetermijn problemen. Er moet dus een andere manier gevonden worden hoe dit doel en raamwerk opgesteld gaan worden. Een transitiearena biedt antwoord op dit vraagstuk. Deze arena wordt

gevormd door een klein netwerk van 'frontrunners' die verschillende achtergronden, verschillende percepties van persistente problemen en ook verschillende oplossingsstrategieën voor de problemen hebben. In de transitiearena wordt een algemene transitieagenda opgesteld. In de transitieagenda staan een aantal doelen, actie punten, projecten en instrumenten waarmee de doelen bereikt kunnen worden. Vanuit de transitiearena ontstaan zelfgevoemde transitiecoalities die de zogenoemde transitiepaden maken. De transitiepaden zijn (kwantitatieve) weergaves van verschillende soorten routes die alle tot één bepaald einddoel leiden (Loorbach, 2010).

Om een transitie succesvol plaats te kunnen laten vinden is het nodig dat er een focus ligt op evaluatie van wat er gedaan is zodat er aan (maatschappelijk) leren gedaan kan worden (Rotmans et al., 2001). Dit leerproces heeft drie componenten: leren om het leren, doen door te leren en leren door te doen (Van der Brugge, 2005). Dit laatste aspect komt terug in de nadruk op de experimenten in de niches die met name in de voorbereidende fase van een transitie plaatsvinden. Transitie management schrijft voor dat er van experimenten geleerd dient te worden zodat de succesvolle technieken die daar uit voorkomen later opgeschaald kunnen worden. Dit tezamen vormt de zogenoemde transitie management cyclus zoals die te vinden is in figuur 2-4.

Figuur 2-4: de transitie management cyclus (geïnspireerd op Loorbach, 2010; Van der Brugge, 2005).



Een transitie is pas succesvol wanneer er een fundamentele verandering in de cultuur, structuur en werkwijzen van een maatschappelijk systeem heeft plaatsgevonden (Rotmans & Loorbach, 2010). Deze fundamentele verandering is grofweg in twee delen te onderscheiden: in (1) een verandering van de economische inrichting, gebruikte technieken en toegepaste technologieën en (2) een verandering in de cultuur, maatschappelijke instituties en sociale gebruiken (Rotmans et al., 2001). Het eindpunt van de transitie is een omverwerping of verandering van het regime door druk van onderop of pressie van bovenaf. Het nieuwe regime probeert in de laatste fase van de transitie nieuwe ontwikkelingen tegen te houden net zoals het oude regime dit aan het begin van de transitie

deed. Deze nieuwe situatie is het eindpunt van de transitie en vormt een nieuw dynamisch equilibrium waaruit een eventueel andere transitie kan ontstaan (Van der Brugge, 2005).

---

### 2.2.5 HET PROJECT ENERGIETRANSITIE

Met het vierde Nationaal Milieubeleidsplan is het project EnergieTransitie in 2001 gestart. Gefundeerd op de uitgangspunten van de transitie management theorie werd aan een kleine kerngroep van ambtenaren binnen het ministerie van VROM en EZ de ruimte gegeven om een beleidsexperiment uit te voeren. In plaats van gebruik te maken van traditionele top-down sturing of het neoliberale gedachtegoed werden nu de principes van het 'leren door te experimenteren' toegepast (Rotmans, 2011).

#### HUIDIGE STATUS VAN HET PROJECT

Vanaf 2004 heeft het project Energietransitie vorm gekregen door de vorming van zeven transitieplatforms en de opzet van de 'taskforce'. In figuur 2-5 is echter te zien dat niet alle kenmerken uit de transitie management theorie zijn uitgewerkt in het project Energietransitie. De taskforce heeft binnen het project de grootste slagkracht en kan daardoor als transitie manager beschouwd worden (Rotmans, 2011, p. 5). De taskforce bestaat uit afgevaardigden van de grootste energieproducenten en energiegebruikers van Nederland (Hendriks, 2008). Dit zijn allemaal actoren uit het regime en volgens Rotmans heeft dit als gevolg dat de gevestigde orde een groot deel van de agenda bepaalt. Een van de grootste en belangrijkste verschillen tussen het project energietransitie en de theorie waar deze op is gefundeerd is daarom dat buitenstaanders nauwelijks bij het project zijn betrokken en dat het regime oververtegenwoordigd is (Rotmans, 2005; Kemp et al., 2007; Loorbach, 2007). De actoren uit het fossiele regime zijn aangeschoven aan de onderhandeltafel en zij vertragen de transitie om zoveel mogelijk rendement uit hun gedane investeringen te kunnen halen (Hendriks, 2008; Rotmans, 2011, p. 6).



Figuur 2-5: inventarisatie van de transitiethema's.

Thema	Status	Toelichting
Langetermijndoel	Aanwezig	CO <sub>2</sub> -reductie van 80-90% in 2050 ten opzichte van 1990 (Rotmans, 2011, p. 17).
Raamwerk	Onduidelijk	Het raamwerk is echter minder duidelijk (Rotmans, 2011, p. 17).
Transitie-agenda	Aanwezig	In 2004 opgezet en later omgepoold tot een innovatieagenda (Rotmans, 2011, p. 16).
Transitiecoalitie	Aanwezig	Na NMP4 opgezet vanuit het ministerie van EZ. Kreeg vanaf 2004 serieus vorm met zeven transitieplatforms, opzet van een 'taskforce' (Rotmans, 2011, p. 3).
Transitiepaden	Aanwezig	Bij aanvang van het project zijn deze opgesteld (Rotmans, 2011, p. 3).
Leren	Onvoldoende	Leerervaringen worden niet systematisch vastgelegd tijdens experimenten (Rotmans, 2011, p. 4).
Transitiemanager	Afwezig	Er is niemand die overzicht heeft (Rotmans, 2011, p. 5).
Experimenteren	Aanwezig	Ca. 500 transitie experimenten zijn er gaande (Rotmans, 2011, p. 3).
Opschalen van technologie	Onvoldoende	Een strategie om succesvolle experimenten op te schalen ontbreekt (Rotmans, 2011, p. 4).

#### 2.2.6 DE GEVOLGEN VAN HET PROJECT ENERGIETRANSITIE

Tien jaar na het starten van het project schrijft Rotmans (2011) dat de opbrengst gemengd is. De inhoudelijke transitielijnen zijn adequaat uitgewerkt maar de bedoeling was om een horizontaal netwerk op te zetten waarin volop geëxperimenteerd kon worden. De energietransitie is geïnstitutionaliseerd geraakt. Waar het regime omvergeworpen of van binnenuit door een nieuwe kracht veranderd had moeten worden is juist de kracht die het had moeten veranderen (het project Energietransitie) overgenomen door actoren uit het regime (Hendriks, 2008; Rotmans, 2011). Daarnaast is het project ingehaald door de maatschappelijke ontwikkelingen rondom duurzame energieopwekking. Een transitie in het Nederlandse energiesysteem is dan ook niet de minste opgave. De traditioneel sterke verwevenheid van de fossiele brandstoffenindustrie met de nationale economie is een aanzienlijke belemmering om nieuwe duurzame initiatieven op te starten (Rotmans et al., 2001). Daarnaast is de economische afhankelijkheid van de gasinkomsten, de overslag van fossiele brandstoffen en de raffinaderijen in de haven van Rotterdam aanzienlijk. Deze economische afhankelijkheid vormt een belemmering voor een overgang naar een systeem gefundeerd op hernieuwbare bronnen. Voor het stimuleren van de energietransitie helpt het tot slot niet mee dat fossiele brandstoffen door overproductie op de wereldmarkt op dit moment relatief goedkoop beschikbaar zijn (Donker et al., 2015). Onder kabinet-Rutte I is het project afgeschaald tot slechts een kleine groep ambtenaren binnen het ministerie van Economische Zaken. Hoewel er van de beoogde resultaten weinig terecht is gekomen is het project geen volledige mislukking. De maatschappelijke

dynamiek die het project heeft ingehaald is deels door het project zelf in gang gezet. Het beleidsexperiment is daarom deels gelukt, maar heeft niet voldoende kunnen inspelen op de snel veranderende maatschappij (Rotmans, 2011)

## 2.3 DYNAMISCH ADAPTIEF PLANNEN: PLANNEN VOOR EEN ONZEKERE TOEKOMST

Met name de onzekerheid over hoe de vraag en het aanbod van elektriciteit, de politieke keuzes en de bewegingen in de maatschappij zich gaan ontwikkelen maakt het moeilijk om de juiste investeringsbeslissingen te maken. Verschillende niveaus van onzekerheid vragen om verschillende planningstheorieën. Dynamisch adaptief plannen kan hulp bieden bij het maken van een plan dat een langetermijnvisie combineert met het maken van keuzes op de korte termijn in een situatie waarin een hoge mate van onzekerheid over de toekomst aanwezig is.

### 2.3.1 VERSCHILLENDE MATEN VAN ONZEKERHEID

Onzekerheid wordt gedefinieerd als een tekort aan overtuiging of kennis over de toekomst (Walker et al., 2013). Onzekerheid over de toekomst kan de slagkracht van beslissingsmakers beïnvloeden. Het is daarom voor beleidsmakers van belang om met onzekerheid rekening te houden in het planningsproces. Om structuur te geven aan de omvang van onzekerheid hebben Walker et al. (2003) een spectrum gemaakt met aan beide uitersten respectievelijk absolute zekerheid en totale onwetendheid. Tussen deze beide uitersten onderscheiden Walker et al. (2003) vier verschillende niveaus van onzekerheid:

- Absolute zekerheid: de situatie waarin alles bekend is;
- Niveau 1 onzekerheid: de situatie waarin het bekend is dat er geen absolute zekerheid is, maar het niet mogelijk is om te meten hoe groot de onzekerheid is (Hillier & Lieberman, 2001);
- Niveau 2 onzekerheid: een onzekerheid die op een correcte wijze kan worden weergegeven in statistische cijfers;
- Niveau 3 onzekerheid: de situatie waarin het mogelijk is om meerdere scenario's uit te schrijven zonder dat het mogelijk is precies in te schatten hoe waarschijnlijk het is welk scenario uit gaat komen;
- Niveau 4 onzekerheid: dit is het diepste niveau van onzekerheid. De enige kennis die voorhanden is, is de kennis dat er iets onbekend is;
- Totale onwetendheid: een situatie waarin het zelfs niet bekend is dat er dingen niet bekend zijn.

De Nederlandse energietransitie naar duurzame energie kent een mate van onzekerheid tussen niveau 3 en niveau 4. Het is aan de ene kant mogelijk om op basis van een aantal factoren verschillende scenario's te schetsen die de inrichting van het elektriciteitsnetwerk in 2050 laten zien. Deze factoren zijn de mate van welvaarts-groei en de daarmee samenhangende groei van de capaciteitsvraag, de omvang, opbouw, en gelijktijdigheid van de piekvraag en de mogelijkheden om lokaal en centraal energie op te slaan (Netbeheer Nederland, 2011). Deze ontwikkelingen zijn in modellen te vangen maar kunnen niet met statistische zekerheid worden ingeschat waardoor een niveau 3 onzekerheid het meest lijkt te passen bij de energietransitie. Aan de andere kant beïnvloeden

een aantal factoren waar zo weinig kennis over is de energietransitie dat een niveau 4 onzekerheid op sommige gebieden meer geschikt lijkt. Deze factoren zijn de mate waarin fossiele brandstofmotoren worden gesubstitueerd door elektrische motoren, de technische ontwikkelingen op het gebied van hernieuwbare bronnen tussen nu en 2050 (Netbeheer Nederland, 2011) en de politieke keuzes ten aanzien van de energietransitie (Steenhuisen & De Bruijne, 2014). Van deze factoren is het bekend dat ze het maken van langetermijnplannen beïnvloeden. Het is echter onvoorspelbaar welke richting ze opgaan, waardoor de energietransitie vraagt om een aanpak die rekening houdt met veranderende omstandigheden (Wall et al., 2015).

---

### 2.3.2 DYNAMISCH ADAPTIEVE PLANNEN

In de planologie is er een nieuw paradigma in opkomst dat accepteert dat sommige aspecten van de toekomst niet voorspeld kunnen worden en dat de planologie rekening moet houden met de mogelijkheid dat zogenoemde 'black swans' (onwaarschijnlijke gebeurtenissen met een grote impact) zich vertonen (Wall et al., 2015; Hasnoot et al., 2012b). Binnen dit paradigma worden dynamisch adaptieve plannen genoemd als een manier om met onzekerheid om te gaan (Hasnoot et al. 2012b). Centraal in het dynamisch adaptief plannen is het niet langer maken van vaststaande assumpties over een niet veranderende toekomst, maar in plaats daarvan het erkennen van onzekerheid in een plan (Kwakkel et al. 2010a).

Dynamisch adaptief plannen begint met het ontwikkelen van een basis plan waarin vooraf de kwetsbare punten van een plan worden vastgesteld. Vervolgens worden een aantal acties en 'signposts' om te bepalen wanneer deze acties ingezet moeten worden bedacht om het plan te beschermen tegen deze kwetsbaarheden. Tijdens het implementeren van het plan geeft een monitoringssysteem aan wanneer één of meerdere signposts overschreden worden. Vooraf bepaalde adaptieve acties worden dan genomen om het plan op zijn pad te houden zodat het doel van het plan gehaald kan blijven worden. Wanneer het monitoringssysteem aangeeft dat de doelen van het plan niet meer behaald kunnen worden of als de doelen van het plan veranderen, dan wordt het adaptieve plan herzien (Kwakkel et al., 2010a; Wall et al., 2015).

Dynamisch adaptief plannen combineert een strategische visie met acties die op de korte termijn uitgevoerd kunnen worden (Albrechts, 2004). Voor de energietransitie is dit belangrijk omdat de strategische klimaatdoelen van 2050 nu al om investeringen en beleidskeuzes vragen (Steenhuisen & De Bruijne, 2014). Doordat dynamisch adaptief plannen vooraf acties en signpost in het plan integreert, wordt het plan dynamisch en adaptief (Kwakkel et al. 2010a). In een tijd waarin technische ontwikkelingen op het gebied van duurzame elektriciteitsopwekking elkaar in rap tempo opvolgen is het belangrijk om snel te kunnen schakelen indien er een veelbelovende uitvinding of innovatie wordt gedaan. Met dynamisch adaptief plannen kan tot slot geleerd worden van de nieuwe informatie. Planners kunnen de plannen aanpassen aan veranderingen in de 'echte' wereld wat traditionele statische plannen niet kunnen (Kwakkel et al. 2010a). Hierdoor kan er op nog niet verkende terreinen zoals bijvoorbeeld het smart grid of grootschalige decentrale energie opslag geleerd en eventueel bijgesteld worden indien nodig.

Hoewel dynamisch adaptief plannen wordt beschouwd als een veelbelovende strategie kent het een aantal minder sterke aspecten. Één van de barrières om dynamisch adaptief plannen succesvol te

kunnen toepassen is institutioneel van aard. Met name wanneer het risico laag is en de voordelen op de lange termijn onduidelijk zijn, dan is het de verwachting dat beleidsmakers gaan twijfelen om aanloopinvesteringen te doen (Wall et al., 2015). Voor de energietransitie is dit een punt van aandacht aangezien de energietransitie juist vraagt om een proactief investeringsbeleid (Steenhuisen & De Bruijne, 2014). Verder wordt het probleem van de hoge kosten tegenover de te verwachten opbrengsten van adaptieve plannen als belemmering voor dynamisch adaptief plannen gezien (Boyd & Folke, 2012; Brunner et al., 2005). De duidelijke gespecificeerde structuur van dynamisch adaptief plannen maakt het echter kwantitatief inschatbaar wat de kosten en baten zijn (Yzer et al., 2014).

---

### 2.3.3 ADAPTIVE POLICYMAKING AANPAK

Binnen het dynamisch adaptief plannen is de adaptive policymaking aanpak ontwikkeld. Deze aanpak bestaat uit een vooraf opgestelde reeks van maatregelen. Een monitoringssysteem houdt in de gaten of het plan in de gewenste richting blijft of dat er maatregelen genomen moet worden om op het voorkeurspad te blijven (Hasnoot et al., 2012b). In deze aanpak wordt eerst een basisplan ontworpen. Daarna worden er acties opgesteld die het plan meer robuust maken en er voor zorgen dat het plan zijn doelen gaat behalen ondanks veranderende omstandigheden. Vooraf worden er een aantal indicatoren opgesteld die bepalen wanneer een plan op zijn pad is en wanneer het plan zijn doelen niet meer gaat halen bij voortzetting van het huidige beleid. Een monitoringssysteem houdt de prestaties van het plan bij en genereert informatie voor de indicatoren tijdens de uitvoer. Wanneer de indicatoren kritische waarden halen dan waarschuwen de 'triggers' ervoor dat er extra acties genomen dienen te worden. Deze acties zorgen ervoor dat het plan ondanks de veranderde omstandigheden op zijn pad blijft. Mochten de omstandigheden dusdanig veel veranderd zijn dan is het ook mogelijk dat er een herbeoordeling van het plan plaatsvindt (Kwakkel et al., 2010a; Hasnoot et al., 2012b).

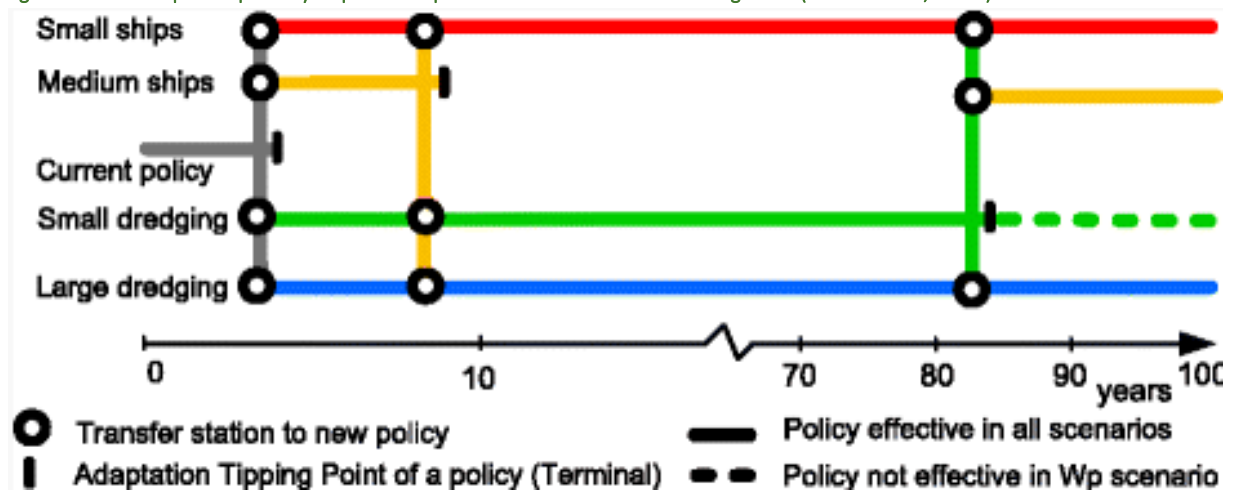
---

### 2.3.4 ADAPTATION PATHWAYS AANPAK

Een andere aanpak binnen dynamisch adaptief plannen is die van de adaptation pathways aanpak. De adaptation pathways aanpak is een analytische aanpak die inzicht verschaft en een ordening brengt in een lijst van mogelijke maatregelen gebaseerd op ontwikkelingen die over de tijd plaatsvinden (Hasnoot et al., 2012b). Centraal in de adaptation pathways aanpak zijn de zogenoemde 'Adaptation Tipping Points' (Kwadijk et al., 2010). Dit zijn momenten waarop acties niet langer meer hun doelen kunnen bereiken. Het moment dat een adaptation tipping point bereikt wordt, is afhankelijk van de omstandigheden. Als een adaptation tipping point wordt bereikt dan zijn er verschillende mogelijkheden om als het ware over te stappen op andere routes. Een adaptation tipping point bereiken kan maatschappelijke, politieke en technisch-economische oorzaken hebben (Kwadijk et al., 2008). Door acties van adaptation tipping points te voorzien ontstaan er 'pathways'. De adaptation pathways aanpak geven een overzicht van een reeks van mogelijke maatregelen in de vorm van adaptation trees. Elke route die door de adaptation tree genomen kan worden vormt een mogelijk beleidspad en eindigt uiteindelijk bij de gewenste uitkomst (Hasnoot et al., 2012b). Het exacte moment van de adaptation tipping point is niet van belang. Het moment dient binnen een bandbreedte correct te zijn.

De adaptation pathways map resulteert in een overzicht van relevante beleidspaden. De map zoals te zien in figuur 2-6 lijkt op een metrokaart waarin allerlei alternatieve routes naar dezelfde eindbestemming leiden. Hierin staan de adaptation tipping points voor de hoofdstations waar een overstap gemaakt moet worden om verder te kunnen gaan. De gewone stations zijn de momenten waarop andere acties mogelijk maar niet noodzakelijk zijn. Aangezien sommige reeksen van acties in bepaalde scenario's niet het doel halen zijn deze routes als stippelijntjes aangeduid (Hasnoot et al., 2012a; Hasnoot et al., 2012b). In scorekaarten kunnen de kosten en baten van bepaalde beleidspaden weergegeven worden. Met een adaptation map kunnen beslissingmakers kansen, onomkeerbare acties, lock-ins en het juiste moment om acties te maken identificeren. De aanpak kan zowel gebruikt worden om voor te bereiden op acties die direct genomen kunnen worden als voor acties die gemaakt dienen te worden wanneer de toekomst verandert (Hasnoot et al., 2012b).

Figuur 2-6: een adaptation pathway map voor het plannen van duurzaam water management (Hasnoot et al., 2012a).

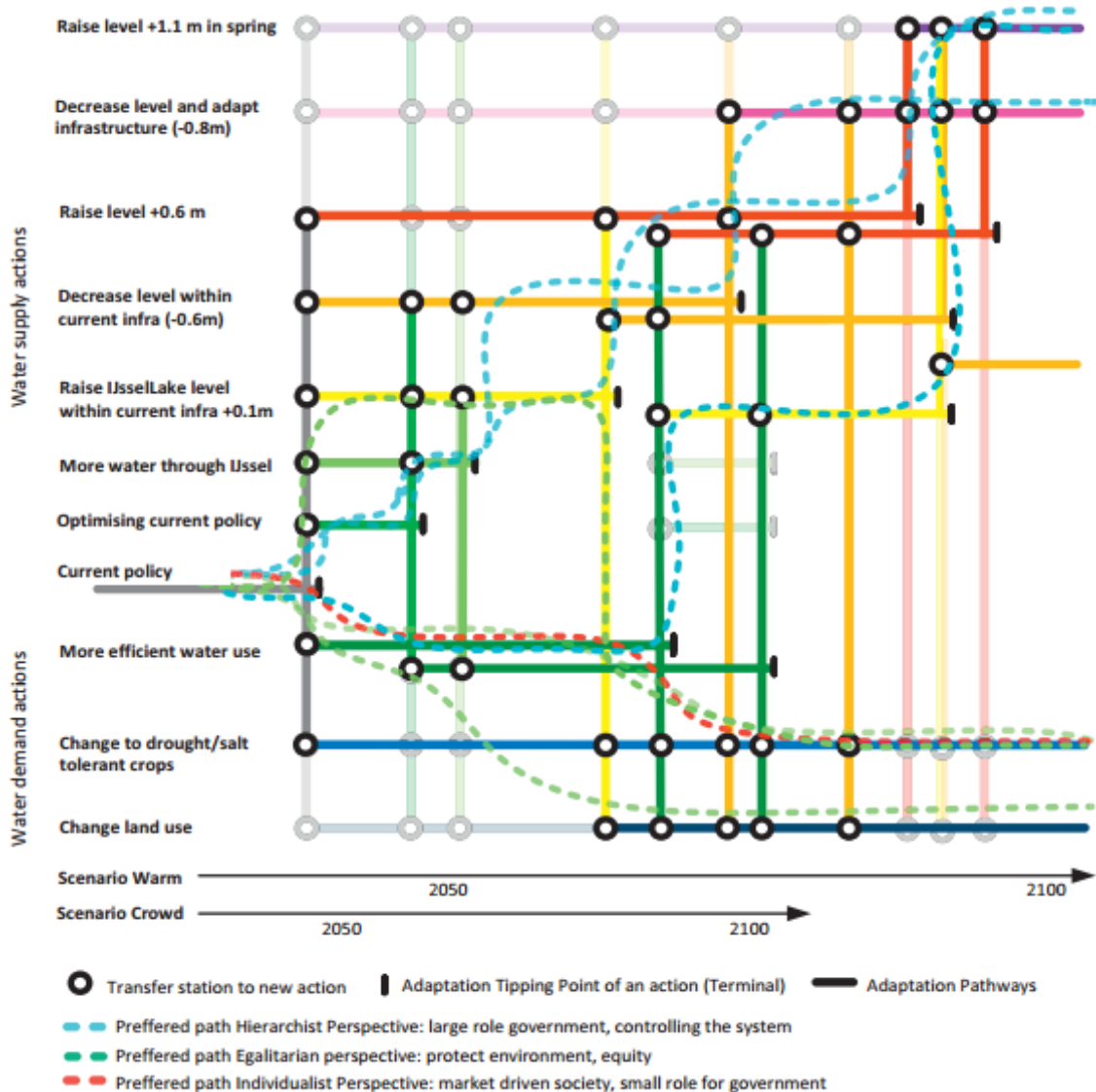


### 2.3.5 DYNAMIC ADAPTIVE POLICY PATHWAYS AANPAK

De dynamic adaptive policy pathways aanpak is een combinatie van de sterke punten van de adaptive policymaking en de adaptation pathways aanpak. De aanpak combineert de visualisatie van de adaptation pathway map aanpak met de opbouw van de pathways uit de policy pathway aanpak. Nieuw aan deze aanpak zijn de zogenoemde geprefereerde pathways die door de metromap lopen. Geprefereerde pathways zijn pathways die passen binnen een bepaald perspectief een beleidsstrategie weergeven (Hasnoot et al., 2012b). Door meerdere pathways op te stellen kunnen niet alleen fysiek robuuste pathways maar ook 'sociaal robuuste' pathways geïdentificeerd worden (Offermans et al., 2011). De geprefereerde pathways vormen de basis voor het plan (Hasnoot et al., 2012b). De aanpak schrijft voor om verschillende scenario's op te stellen waarin verschillende soorten acties genomen kunnen worden die weerstand bieden aan kwetsbaarheden of juist kansen benutten. Het resultaat van de aanpak is een adaptation policy pathway map zoals deze in figuur 2-7 is te zien. Net zoals in dynamisch adaptief plannen is er een monitoringssysteem die continu bijhoudt of het plan op het juiste spoor blijft of dat er 'overstap' naar een andere actie ondernomen moet worden. Wanneer er op basis van het monitoringssysteem wordt vastgesteld dat er een 'adaptation tipping point' bereikt is dan kan met behulp van de map een nieuwe actie gekozen worden. Adaptation tipping points worden bereikt op momenten wanneer de veranderingen zo groot zijn dat met het voortzetten van een actie het doel van het plan niet langer meer gehaald kan worden. Door te kijken

naar adaptation tipping points worden beslissingsmakers geholpen in het beantwoorden van de vraag 'wat' de problemen van de toekomst gaan worden en 'wanneer' deze problemen zich voor gaan doen. Met deze informatie kunnen zij vaststellen wanneer een managementstrategie gaat mislukken en wanneer andere strategieën nodig zijn. Het overschrijden van een adaptation tipping point betekent niet dat er catastrofes gaan gebeuren, het betekent dat een andere strategie nodig is om het systeem te managen (Kwadijk et al., 2010).

Figuur 2-7: een adaptation policy pathway map voor het plannen van duurzaam water management (Hasnoot et al., 2012b).

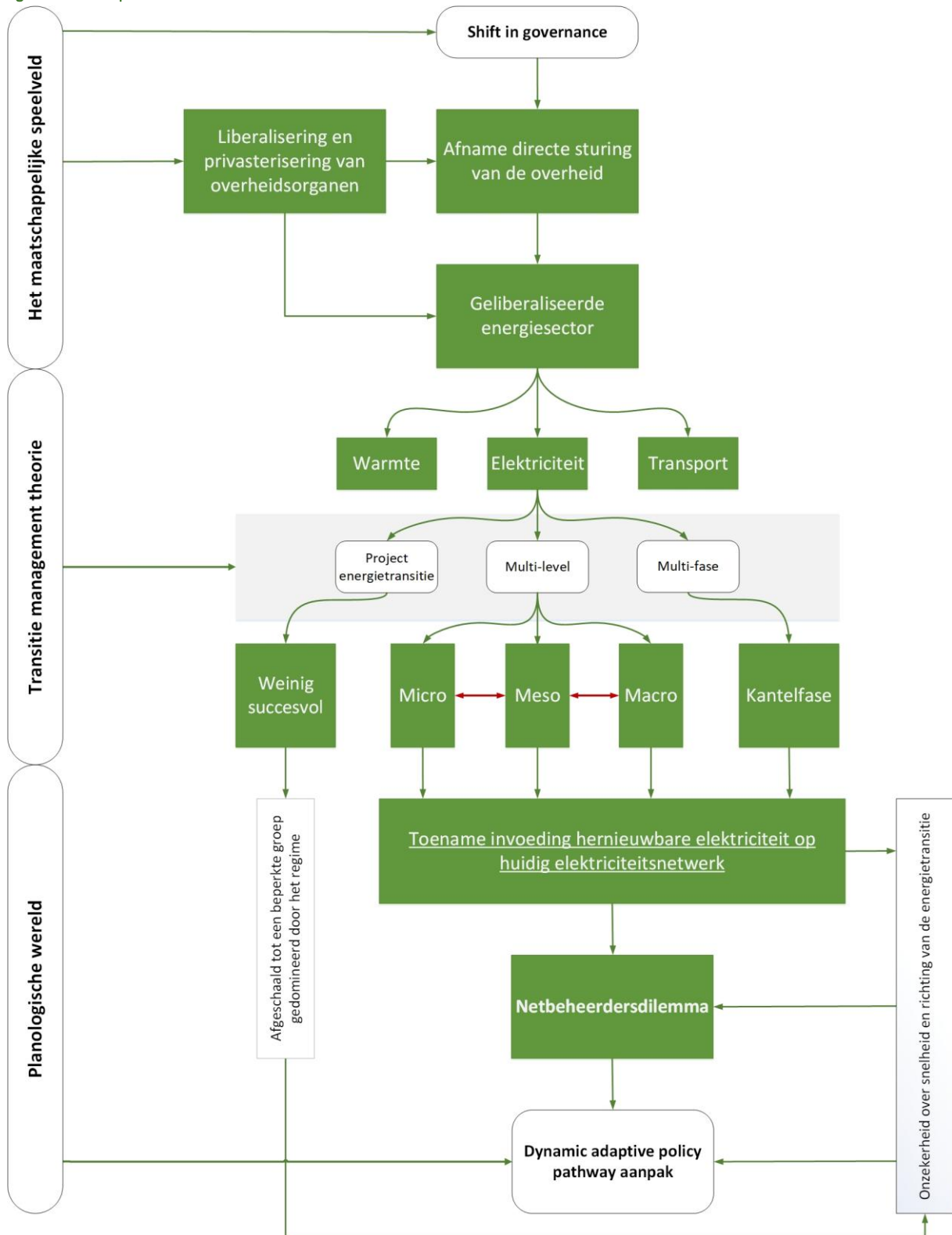


## 2.4 CONCEPTUEEL MODEL

In figuur 2-8 is het conceptueel model van dit onderzoek te vinden. Het uitgangspunt van dit onderzoek is dat er in de Nederlandse maatschappij naast de liberalisering en privatisering van een aantal overheidsorganen een shift in governance heeft plaats gevonden. Dit heeft in een aantal domeinen tot een afname van de directe invloed van de centrale overheid geleid. De energiesector is geliberaliseerd en alleen de netbeheerders zijn in overheidshanden gebleven. Hoewel de overheid met wetgevingen en reguleringen sturing kan geven, gebruikt de centrale overheid haar directe

invloed op de sector slechts zeer beperkt. Energie kan breed genomen verdeeld worden in de sectoren verwarming, transport en elektriciteit. Voor dit onderzoek is de sector elektriciteit onderzocht. Deze sector is aan de hand van de concepten uit de transitie management theorie geanalyseerd. Met het multilevel concept is vastgesteld dat er vanaf zowel het macro- als het microniveau een dussdanige druk op het mesoniveau wordt uitgeoefend dat het verwacht kan worden dat het regime van fossiel naar duurzaam gaat bewegen. Aan de hand van het multi-fase concept is vastgesteld dat Nederland in het begin kantelfase van een energietransitie zit. Dit betekent dat het land in het prille begin van een chaotische toename van duurzame elektriciteitsbronnen zit. Rotmans et al. (2001) schrijven dat het de ontwikkeling naar een maatschappij die weinig CO<sub>2</sub>-uitstoot een goede case is voor transitie management theorie. Het project EnergieTransitie wat op deze theorie is geïnspireerd had als doel deze transitie te stimuleren en bij te sturen. Uit het literatuuronderzoek is echter naar voren gekomen dat het project is overgenomen door het fossiele brandstoffen regime en dat de groep ambtenaren die zich met dit project bezig hielden flink is afgeschaald. De transitie management theorie had door middel van het project EnergieTransitie kunnen bijdragen aan het indammen van de onzekerheid die is ontstaan door de energietransitie in combinatie met een gebrek aan directe overheidssturing. Doordat het project op dit moment aan de ene kant als doel heeft de transitie te stimuleren maar door de sterke invloed van het traditionele regime ook een remmende factor uitoefent brengt het project eerder meer onzekerheid dan zekerheid. Netbeheerders verwachten dat door de energietransitie een toename van de invoeding van hernieuwbare elektriciteit in hun netten plaats gaat vinden. Zij hebben echter geen zicht op de snelheid en de richting van de energietransitie. Door het gebrek van directe overheidssturing en het mislukken van het project EnergieTransitie is die zekerheid elders ook niet te vinden. Hierdoor weten zij niet wanneer en hoeveel aanpassingen zij moeten doen in hun netten om deze klaar te maken voor een toename van hernieuwbare elektriciteit. De verwachte toename van hernieuwbare energie en de onzekerheid over de snelheid en richting van de energietransitie zorgt ervoor dat netbeheerders te maken hebben met het netbeheerdersdilemma. Dit dilemma vraagt om een aanpak die houvast biedt zodat er keuzes gemaakt kunnen worden terwijl er een grote mate van onzekerheid over de toekomst bestaat. Vanuit de planologie kan de DAPP aanpak wellicht hulp bieden. De DAPP aanpak is een nieuwe aanpak die een langetermijnstrategie met houvast voor het maken van beslissingen op de korte termijn combineert. Deze aanpak kan netbeheerders helpen bij de dilemma's die zij ervaren tijdens het maken van investeringsbeslissingen. De aanpak is echter ontwikkelt voor watermanagement en nog niet eerder toegepast voor het managen van een elektriciteitsnetwerk. In dit onderzoek gaat daarom gekeken worden welke aspecten van deze aanpak bruikbaar zijn voor het maken van investeringsbeslissingen voor een elektriciteitsnetwerk.

Figuur 2-8: conceptueel model van dit onderzoek.





### 3 METHODOLOGIE

Met deze studie wordt verkend op welke manier de DAPP aanpak (Hasnoot et al., 2012b) een bijdrage kan leveren aan het plannen van investeringen in het Nederlandse elektriciteitsnetwerk. In dit hoofdstuk wordt de methodologie die is gebruikt voor het uitvoeren van deze studie weergegeven. Eerst worden de kenmerken van dit onderzoek beschreven en toegelicht. In paragraaf 3.2 is de onderzoeksstrategie beschreven. In paragraaf 3.3 is te vinden hoe de data voor dit onderzoek is verzameld. Dit hoofdstuk geeft antwoord op een deel van de tweede deelvraag: 'Wat zijn de kenmerken van de dynamic adaptive policy pathway aanpak en hoe kan deze aanpak gebruikt worden bij het plannen van elektriciteitsinfrastructuur?'

#### 3.1 KENMERKEN VAN HET ONDERZOEK

De hoofdvraag van het onderzoek vraagt om een kwalitatief onderzoek. Dit komt doordat de vraag 'Op welke manieren' zich niet kwantitatief laat uitdrukken. De data van dit onderzoek is daarom voornamelijk kwalitatief van aard. Doordat deze studie exploratief van aard is en niet over dezelfde tijd en middelen beschikt als Hasnoot et al. (2012b) zijn niet alle stappen gevolgd. De eerste zeven stappen uit de in paragraaf 3.1 beschreven onderzoeksmethode zijn in deze studie doorlopen. Het verder uitvoeren van de stappen vormt geen meerwaarde in het beantwoorden van de hoofdvraag van deze studie. Daarnaast is er gekozen om geen ondersteuning van een computer model te gebruiken voor het vast stellen van de effecten van de acties. Het programmeren van een dergelijk computer model is onderzocht maar is te tijds- en kostenintensief bevonden en zet daardoor de kwaliteit van de rest van het onderzoek onder druk.

De data van dit onderzoek is kwalitatief en het onderzoek zelf is exploratief van aard. De DAPP aanpak is een relatief nieuwe aanpak waarvan de resultaten na aanleiding van een fictieve testcase worden besproken in het artikel 'Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world' (Hasnoot et al. 2012b). In de aanbevelingen schrijven Hasnoot et al. dat het de moeite waard is om de aanpak te testen in andere domeinen. Dit onderzoek gaat daarom verkennen of het mogelijk is om deze aanpak voor het managen van het elektriciteitsnetwerk toe te passen. Het beoogde resultaat van deze studie is het uitvinden welke aspecten uit de DAPP aanpak bruikbaar zijn voor het maken van investeringsbeslissingen voor een elektriciteitsnetwerk. Traditionele methodes die toegepast worden om beslissingen mee te maken nemen aan dat de toekomst voorspelbaar is. Deze methodes zijn statisch en gaan uit van bijvoorbeeld het meest waarschijnlijke scenario of uitkomsten die uitgaan van de meest realistische scenario's (Dessai & Hulme, 2007; Dessai & Van der Sluijs, 2007; Hallegatte et al., 2012). Met adaptief plannen kan een stip op de horizon gezet worden waaraan beslissingen getoetst kunnen worden. Op deze manier kan er een beleid worden gemaakt voor een lange termijn zonder dat alle tussenliggende stappen zijn vastgelegd in een statisch plan (Hasnoot et al., 2012b). Dit onderzoek volgt in grote lijnen de onderzoekstrategie uit het artikel van Hasnoot et al. (2012b) met een wat uitgebreider theoretisch raamwerk op basis van het literatuuronderzoek. De eerste drie hoofdstukken van deze studie zijn theoretisch van aard. Deel A en deel B van deze studie zijn de resultaten gevonden uit het empirische onderzoek. Deel C is een analytische bestudering van de gevonden bevindingen.

### 3.2 ONDERZOEKSSTRATEGIE

Hoe elektriciteitsnetwerken zijn ingericht en wat er speelt in de elektriciteitssector is weinig over bekend onder de mensen van buiten de energiesector. Voor dit onderzoek was het daarom van belang om eerst meer informatie over de sector te vergaren voordat begonnen kon worden aan het onderzoek zelf. Om inzicht te krijgen in de sector zijn in de voorbereidende fase van deze studie de rapporten 'Net voor de Toekomst. Een verkenning' (Netbeheer Nederland, 2011), 'Energieakkoord voor duurzame groei' (SER, 2013), 'Naar een toekomstbestendig energiesysteem: flexibiliteit met waarde' (Donker et al., 2015) en 'Scenario-ontwikkeling energievoorziening 2030' (Rooijers et al., 2014) doorgenomen. Met deze rapporten wordt het perspectief van de netbeheerders, de overheid en de onderzoeksbureaus weergegeven. Voor een kritische reflectie vanuit de academische wereld is daarna het essay van Steenhuijsen en de Bruijne (2013) bestudeerd. Op basis van deze vier verschillende invalshoeken zijn de aanleiding, maatschappelijke relevantie, de eerste versie van de hoofdvraag en de probleemstelling opgesteld.

In dit onderzoek is gekozen om eerst de trends binnen het Nederlandse bestuur te analyseren. Zodra dit in kaart was gebracht is er ingezoomd op de privatisering en de liberalisering van de energiesector. Dit heeft als doel gehad om de gevolgen van de shift in governance voor de netbeheerders in kaart te brengen. De transitie management theorie is daarna geprobeerd toe te passen met als doel meer inzicht en zekerheid over de trends in de elektriciteitssector te kunnen bieden zodat netbeheerders met deze informatie kunnen anticiperen met hun investeringsbeslissingen. Hoewel met de transitie management theorie een integrale analyse van de trends in de sector is kunnen maken ontbreekt het nog steeds aan een methodologie die handvaten biedt om investeringsbeslissingen te kunnen maken terwijl er een grote onzekerheid over de toekomst bestaat. Om deze reden is er gekozen om vanuit de planologie een aanpak binnen het dynamisch adaptief plannen uit te proberen voor het maken van investeringsbeslissingen in het elektriciteitsnetwerk. De uiteindelijke hoofdvraag en deelvragen zijn opgesteld en de dynamic adaptive policy pathway aanpak is gekozen als uiteindelijke aanpak die verder bestudeerd gaat worden. Er is gekozen voor deze aanpak doordat de aanpak een relatief nieuwe aanpak is, de aanpak een aantrekkelijke visualisatiemethode kent en doordat één van de sterke punten van de aanpak het inbouwen van adaptiviteit in een plan voor de lange termijn is. De verbanden tussen de trends in de maatschappij, de wetenschappelijke theorieën en de planologische aanpak zijn in het conceptueel model met elkaar verbonden.

Geïnspireerd op de stappen uit de originele DAPP aanpak van Hasnoot et al. (2012b) zijn vervolgens zeven stappen opgezet die uiteindelijk tot de bevindingen van dit onderzoek leiden. Een uitgebreidere toelichting op deze stappen is terug te vinden in subparagraaf 3.2. Voor het verzamelen van de data is gekozen om een literatuuronderzoek en een documentenanalyse te doen. Met hulp van expert interviews is de data gevalideerd en aangevuld. Een verdere toelichting op de dataverzameling is te vinden in paragraaf 3.3.

In deel A van deze studie is eerst het onderzoeksveld beschreven. Dit is gedaan zodat de relevantie trends en ontwikkelingen binnen de sector in kaart gebracht konden worden. Met deze informatie is er een globaal beeld geschetst waar de elektriciteitssector nu is en in welke richting de ontwikkelingen gaan. Op basis van deze informatie is de definitie van succes voor het te testen DAPP plan opgesteld.

De definitie van succes is een (abstract) einddoel waarin het doel van het DAPP plan is vastgelegd. Op basis van dit einddoel kunnen de latere acties beoordeeld worden (Hasnoot et al. 2012b).

In deel B is begonnen met de documentenanalyse. Eerst zijn de problemen en kwetsbaarheden in kaart gebracht. Aangevuld met informatie uit de diepte-interviews zijn de kansen en acties die voor het elektriciteitsnetwerk genomen kunnen worden opgesteld. De data van het onderzoek is gevalideerd en waar nodig aangevuld met informatie die de experts gaven.

In deel C zijn de resultaten uit de empirie geanalyseerd en is er een terugkoppeling met het theoretische kader gemaakt. Dit is gedaan door eerst een DAPP metro map te maken en mogelijke geprefereerde pathways en onvoorziene acties op te stellen. Doordat de eerste stappen van de DAPP aanpak doorlopen zijn en de map is opgesteld zijn de zwakke en de bruikbare aspecten van de aanpak naar voren komen. Deze zijn geanalyseerd en op basis daarvan is de conclusie, reflectie en zijn de aanbevelingen geschreven.

---

### 3.2.1 DE STAPPEN UIT DE DYNAMIC ADAPTIVE POLICY PATHWAY AANPAK

Zoals is te zien in figuur 3-1 is de DAPP aanpak cyclisch van aard en opgebouwd uit een aantal stappen. In deze studie zijn de eerste zeven stappen van de DAPP aanpak doorlopen. Er is gekozen om deze stappen te doorlopen doordat het daadwerkelijk uitvoeren van een aanpak de bruikbare en de minder sterke punten naar voren doet komen. De stappen die uitgevoerd zijn worden in deze paragraaf toegelicht.

De eerste stap is het beschrijven van het onderzoeksveld. Hierin dienen de karakteristieken van het systeem, de doelen en de onzekerheden richting de toekomst te worden beschreven. Dit resulteert in een 'definitie van succes' die een omschrijving weergeeft van wanneer de doelen gehaald zijn. Deze definitie van succes is het eindbeeld waarin abstract wordt beschreven wanneer de doelen van een plan behaald zijn en wanneer niet. Hoe dit einddoel bereikt kan worden is op talloze verschillende manieren mogelijk. Dit zorgt er voor dat bij het plannen een grote mate van adaptiviteit behouden blijft terwijl er wel een stip op de horizon staat waar naartoe gepland kan worden. Met de hulp van indicatoren kan het plan in de volgende stappen voortdurend geëvalueerd worden aan de hand van deze definitie (Kwakkel et al., 2010b; Hasnoot et al., 2012b).

De tweede stap is de probleemanalyse. In deze stap wordt de huidige situatie vergeleken met mogelijke toekomstige situaties om na te gaan wat er moet gebeuren om deze te bereiken. De mogelijke toekomstige situatie is de referentie case. Wanneer er een gat zit tussen de huidige situatie en de referentie case dan duidt dit er op dat er acties genomen moeten worden. De kansen en kwetsbaarheden worden dan in kaart gebracht. Kansen zijn ontwikkelingen die kunnen helpen bij het behalen van de doelen. Kwetsbaarheden zijn ontwikkelingen die het behalen van de doelen kunnen belemmeren.

In de derde stap worden de mogelijke acties die genomen kunnen worden om de definitie van succes te halen vastgesteld. Het doel van deze stap is om een brede verzameling van mogelijke acties op te stellen (Hasnoot et al., 2012b).

De vierde stap is het evalueren van de acties. De effecten van elke actie op de uitkomst van de indicatoren wordt ingeschat aan de hand van scorekaarten. De resultaten hiervan worden gebruikt om de adaptation tipping points voor elke actie vast te kunnen stellen. In deze stap worden daarna de kansen en de kwetsbaarheden herbeoordeeld (Hasnoot et al., 2012b). Ineffectieve acties worden buiten het onderzoek gelaten (Walker, 1988) en alleen de meest belovende acties worden in de volgende stap de basis voor de adaptation pathways.

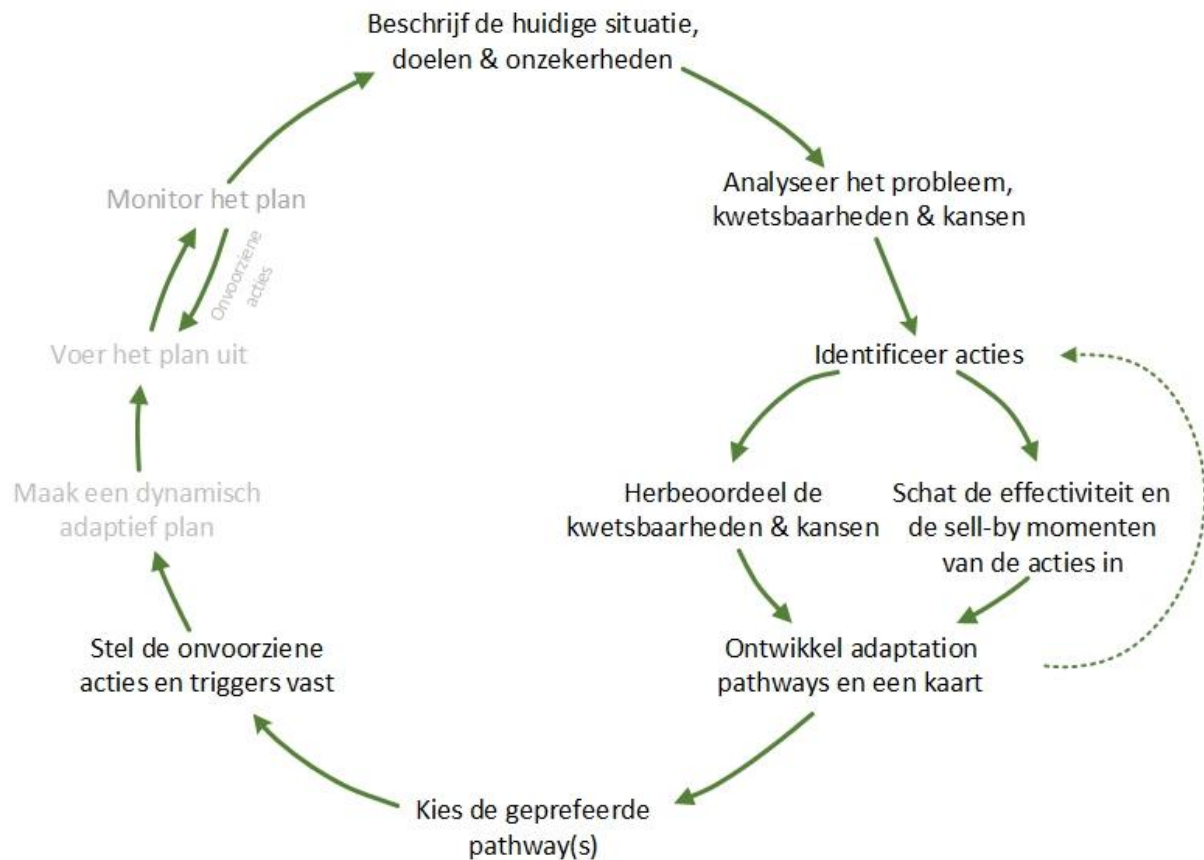
De vijfde stap bestaat uit het maken van de pathways met hulp van de informatie die met de vorige stappen is verzameld. Het is mogelijk dat na het evalueren van de kansen en kwetsbaarheden uit de vorige stappen er nieuwe of aanvullende acties zijn geïdentificeerd. Wanneer de set acties van een adequaat niveau zijn kunnen de pathways ontworpen worden. Een pathway bestaat uit een aaneenschakeling van acties waarin een nieuwe actie wordt geactiveerd in het geval dat de voorganger niet langer meer de definitie van succes kan behalen. Dit leidt tot een adaptation map waarin alle logische potentiële pathways waarmee succes behaald kan worden zijn opgesomd. Het is hierbij mogelijk dat één actie niet perse gelijk staat aan één actie maar uit een portfolio van acties.

De zesde stap is het ontwikkelen van een aantal preferred pathways. Het wordt geadviseerd om minimaal twee maar niet meer dan vier preferred pathways te maken om zo de map overzichtelijk te houden. Door meerdere perspectieven in de pathways te verwerken worden ze niet alleen fysiek maar ook 'sociaal' robuust gemaakt (Offermans et al., 2011). De preferred pathways gaan de basis vormen voor het dynamic adaptive plan en ze dragen allemaal bij aan het behalen van de doelen. Toch zijn sommige pathways aantrekkelijker dan andere door kostenverschillen of negatieve/positieve bijeffecten.

Met de zevende stap wordt de robuustheid van de geprefereerde pathways versterkt door het opstellen van onvoorziene acties en triggers. Door onvoorziene acties op te stellen kan het DAPP plan op de route van een preferred pathway gehouden worden. Dit soort acties zijn in het algemeen acties die de weg naar bepaalde geprefereerde pathways voorbereiden of het zijn correctieve acties die het plan op de juiste route houden indien de toekomst er anders uit ziet dan verwacht. De onvoorziene acties werken samen met het monitoringssysteem en de triggers. Het monitoringssysteem houdt de ontwikkelingen bij en wanneer een trigger een kritieke waarde behaald kan er gekozen worden om een onvoorziene actie in te zetten.

De laatste stappen betreffen het praktisch schrijven en uitvoeren van een DAPP plan. Doordat dit een exploratieve studie betreft is de keuze gemaakt deze stappen niet uit te voeren.

Figuur 3-1: schematische weergave van de dynamic adaptive policy pathways aanpak. De grijze tekst valt buiten de scope van dit onderzoek (geïnspireerd op Hasnoot et al. 2012b).



### 3.3 METHODE VAN DATAVERZAMELING

Met de secundaire dataverzameling is de huidige werking van het Nederlandse elektriciteitssysteem, de huidige kwetsbaarheden, de kansen voor het elektriciteitsnetwerk en de mogelijke acties om de definitie van succes te behalen onderzocht. De primaire dataverzameling is hoofdzakelijk gebruikt om de timing en geldigheid van de mogelijke acties vast te stellen, de secundaire data te valideren en aanvullingen op het onderzoek te doen.

#### 3.3.1 DATA TRIANGULATIE

Een onderwerp vanuit meerdere invalshoeken benaderen voorkomt dat bepaalde fenomenen over- of juist onderbelicht en zorgt daarnaast voor een vollediger analyse. Om dit zoveel als mogelijk is te voorkomen wordt er daarom in de sociale wetenschap gebruik gemaakt van 'triangulatie' (Yin, 2013). Triangulatie is binnen een kwalitatief onderzoek het gebruiken van meerdere methoden om één fenomeen te analyseren (Duffy, 1987). Het belang van datatriangulatie wordt onderstreept door de stelling van Miles & Huberman (1994) dat "[data] triangulation is supposed to support a finding by showing that independent measures of it agree with it or, at least, do not contradict it" (p. 266). Voor dit onderzoek is er gebruik gemaakt van 'methodological triangulation'. Met deze vorm van triangulatie worden er twee of meerdere methodes van datacollectie gebruikt in een onderzoek

(Bekhet & Zauszniewski, 2012). De methodes die voor dit onderzoek gebruikt zijn: (1) een literatuuronderzoek, (2) een documentenanalyse en (3) diepte-interviews met energie-experts.

### 3.3.2 PRIMAIRE DATAVERZAMELING

De interviews voor dit onderzoek zijn met behulp van een interviewgide semigestructureerd afgenomen. Deze interviewgide omvat een aantal vooraf opgestelde vragen en thema's en is terug te vinden in appendix. Het grote voordeel van werken met semigestructureerde is dat er voor de onderzoeker een structuur en houvast tijdens het gesprek aanwezig is, maar dat er tijdens het interview geanticipeerd kan worden op vooraf onbekende of niet mee genomen data (Seale et al., 2004). Daarnaast biedt het de ruimte aan de geïnterviewden om tijdens het gesprek meer tot gedetailleerde antwoorden te komen (Clifford et al., 2010). De interviews zijn opgenomen met een recorder, waarvoor de respondenten toestemming hebben gegeven. Er is gekozen om de interviews zo letterlijk mogelijk te transcriberen om vertroebeling van data zoveel mogelijk te voorkomen. Alleen voor de leesbaarheid zijn soms kleine aanpassingen in de transcripten gemaakt. De interviews zijn afgenomen tussen 15 november 2017 en 20 december 2017. Een lijst met de geïnterviewde personen is te vinden in figuur 3-3. De geïnterviewden zijn allen experts werkzaam in de sector van netbeheerders en zijn voor hun dagelijkse werkzaamheden bezig met het plannen of nadenken over het elektriciteitsnetwerk van de toekomst.

Figuur 3-2: overzicht van de primaire databronnen.

Naam	Instantie	Datum	Plaats	Appendix no.
Dhr. S Schouwenaar	Enexis	15 november 2017	Arnhem	II
Dhr. M. Roovers	Netbeheer Nederland	17 november 2017	Den Haag	III
Dhr. M. Bongaerts	Liander	20 december 2017	Arnhem	IV

### 3.3.3 SECUNDAIRE DATAVERZAMELING

Ten aanzien van het verzamelen van data uit secundaire bron benadrukt Kothari (2004) dat wetenschappers voorzichtig moeten zijn. Het kan voorkomen dat secundaire data niet relevant of zelfs nutteloos zijn voor de context van het onderzochte probleem. Hij adviseert daarom om altijd te controleren of secundaire bronnen (a) adequaat, (b) geschikt en (c) betrouwbaar zijn. Alle onderzochte rapporten en publicaties zijn van tevoren beoordeeld op deze factoren.

### LITERATUURONDERZOEK

Het kader waarbinnen dit onderzoek is gedaan is aan de hand van relevante wetenschappelijke publicaties in kaart gebracht. Eerst zijn het onderzoeksveld en de diepgewortelde problemen waar de elektriciteitssector mee te kampen heeft geanalyseerd met hulp van de literatuur over governance. Uit deze analyse is gebleken dat er een shift in governance en een liberalisering van de energiesector heeft plaatsgevonden. Door het afnemen van de centrale sturing vanuit de overheid is onder andere

het netbeheerdersdilemma ontstaan. De problemen die dit voor het managen van het elektriciteitsnetwerk hebben opgeleverd zijn aan de hand van de wetenschappelijke publicaties beschreven. In het kader van de energietransitie waarin Nederland zich bevindt zijn de gevolgen hiervan op het managen van het elektriciteitsnetwerk geanalyseerd aan de hand van de transitie management theorie. Tevens is bestudeerd wat de gevolgen van het project EnergieTransitie zijn geweest voor elektriciteitsnetwerk. De dataverzameling voor het literatuuronderzoek heeft tussen 1 maart 2017 en 31 augustus 2017 plaatsgevonden en is terug te vinden in het theoretische kader.

## DOCUMENTENANALYSE

De documentenanalyse is gedaan door een mix van rapporten van de overheid, netbeheerders, onderzoeksinstituten en maatschappelijke organisaties te analyseren en op basis daarvan informatie in te winnen over de voor dit onderzoek relevante thema's. De relevante thema van dit onderzoek zijn:

- Verwachte ontwikkeling in de vraag naar elektriciteit;
- Verwachte problemen voor het Nederlandse elektriciteitsnetwerk;
- Kwetsbaarheden voor het elektriciteitsnetwerk;
- Kansen voor het elektriciteitsnetwerk;
- Mogelijke acties die genomen kunnen worden voor het Nederlandse elektriciteitsnetwerk.

De data zijn verzameld en verwerkt door citaten uit de in figuur 3-2 genoemde documenten te halen. Deze citaten zijn vervolgens herschreven tot lopende tekst. Ten behoeve van de reproduceerbaarheid van het onderzoek is de pagina waar de informatie te vinden is (indien mogelijk) in de bronverwijzing vermeld. De onderzochte rapporten zijn allemaal adequaat bevonden. Wat betreft de betrouwbaarheid vormen de doorrekeningen van Urgenda (2014) in vergelijking met de andere rapporten een afwijkend positief beeld. Voor de betrouwbaarheid van dit onderzoek zijn resultaten die uit het model van Urgenda zijn voorgekomen met enige behoedzaamheid gebruikt. Het rapport van Netbeheer Nederland (2011) is het meest gedateerde rapport. Uit het interview met de heer Roovers bleek dat aan het eind van 2017, buiten de tijdspanne van de documentenanalyse, een herziene versie van dit rapport uit gaat komen. Uit dit rapport zijn daarom vooral de hoofdlijnen van het verhaal en in mindere mate de doorrekeningen gebruikt. De ondersteuning op basis van doorrekeningen zijn met name uit de rapporten van Donker et al. (2014), PBL & DNG-VL (2014) en Rooijers et al. (2014) uitgevoerd. Hoewel er afwijkingen waren te vinden zijn de hoofdlijnen van de uitkomsten van de modellen van deze rapporten in overeenstemming met elkaar. Wat betreft de geschiktheid dient vermeld te worden dat een aantal rapporten schrijven over de hele energietransitie waardoor in de meeste rapporten ook uitgebreid over de domeinen gas, energiebesparing en verduurzaming van de mobiliteitssector wordt geschreven. Aangezien het bereik van dit onderzoek alleen het Nederlandse elektriciteitsnetwerk is, zijn deze stukken niet meegenomen in de analyse. De dataverzameling voor de documentenanalyse heeft plaats gevonden tussen 1 mei 2017 en 19 november 2017.

Figuur 3-3: overzicht van onderzochte documenten.

<b>Titel</b>	<b>Uitgever + jaar</b>	<b>Doel van het rapport</b>	<b>Methode van data collectie</b>
<b>Net voor de toekomst. Een verkenning</b>	Netbeheer Nederland (2011)	Dialogoog met politiek en maatschappij over de rol van netbeheerders voeren en maatschappelijk draagvlak creëren voor de energietransitie.	Doorrekening van verschillende exploratieve scenario's door de CE Delft.
<b>De proeftuin 'decentrale duurzame collectieven'</b>	Netbeheer Nederland (2013)	Inzicht te krijgen in de opkomst van lokale decentrale collectieven.	Kwalitatieve dataverzameling door het houden van workshops, interviews en het bezoeken van seminars.
<b>Energieakkoord voor duurzame groei</b>	Sociaal-Economische Raad (2013)	Het uitwerken van het eerder gesloten Energieakkoord.	De inhoud is een uitwerking van onderhandelingen. Geen toelichting op de herkomst van data.
<b>Uitvoeringsagenda Energieakkoord 2016</b>	Sociaal-Economische Raad (2013)	Inzichtelijk maken welke resultaten er in 2016 zijn behaald en wat de aandachtspunten en richting 2016 zijn.	De inhoud is een inventarisatie van hoe ver afspraken zijn gevorderd en welke nieuwe afspraken er zijn gemaakt.
<b>Het potentieel van zonnestroom in de gebouwde omgeving van Nederland</b>	PBL & DNG-VL (2014)	Inzicht brengen in de omvang van het potentieel en welke gevolgen een toename van zon-PV op het elektriciteitsnet heeft.	Doorrekening met hulp van een ruimtelijk model waar gebouw- en gebiedsmaatregelen mee worden berekend.
<b>Scenario-ontwikkeling energievoorziening 2030</b>	Roijers et al. (2014)	Op basis van modellen inzichtelijk wat er moet gebeuren om een vijftal energiescenario's te bereiken.	Een vijftal scenario's zijn opgesteld waarbij terug geredeneerd is van de eindbeelden voor 2030.
<b>Nederland 100% duurzaam in 2030. Het kan als je het maar wilt!</b>	Urgenda (2014)	Aantonen dat een omschakeling naar een nagenoeg fossiel vrije samenleving binnen twintig jaar mogelijk is.	Doorrekening van hoe een fossielvrije energievoorziening te bereiken o.b.v. het Energietransitiemodel.
<b>Naar een toekomstbestendig energiesysteem: flexibiliteit met waarde</b>	Donker et al. (2015)	Inzicht te krijgen in de gevolgen van het opschalen van duurzame energiebronnen in het huidige systeem.	Vergelijking van informatie uit twintig toekomstverkenningen over de ontwikkeling van het energiesysteem.
<b>De historische impact van salderen</b>	PWC (2016)	De historische effecten van het salderen in kaart brengen.	Literatuuronderzoek, interviews, modellering van business cases en een analyse en synthese van de bevindingen.



# DEEL A: BESCHRIJVING VAN HET ONDERZOEKSVELD

## 4 HET HUIDIGE NEDERLANDSE ELEKTRICITEITSSYSTEEM

### 4.1 INLEIDING

Aan de hand van het literatuuronderzoek is vastgesteld dat het Nederlandse energiesysteem in de kantelfase van een transitie zit. Het elektriciteitsnetwerk is op dit moment echter nog ingericht op een centrale fossiele elektriciteitsproductie. Dit vormt een belemmering wanneer de hoeveelheid decentrale niet-regelbare opgewekte elektriciteit die wordt ingevoerd op het netwerk gaat toenemen. Om een dynamisch adaptief plan te kunnen maken is het daarnaast van belang om de situatie waar het plan naartoe geschreven gaat worden zo veel mogelijk in kaart te brengen. Dit hoofdstuk gaat bijdragen aan het beantwoorden van de derde deelvraag: 'Wat zijn de kenmerken en trends binnen het huidige Nederlandse elektriciteitssysteem en welke problemen zijn er te verwachten wanneer er een substantiële CO<sub>2</sub>-reductie in de elektriciteitsproductie plaats gaat vinden?'

### 4.2 KARAKTERISTIEKEN VAN HET NEDERLANDSE ELEKTRICITEITSSYSTEEM

De elektriciteitsmarkt is een monopolistische markt die tot aan de Tweede Wereldoorlog sterk gefragmenteerd en decentraal was ingericht. Er waren verschillende kleine tot middelgrote ondernemingen die zonder met elkaar in verbinding te staan steden en dorpen van elektriciteit voorzagen. De grotere steden hadden soms hun eigen publieke elektriciteitsbedrijf. Op het noordelijke platteland waren het juist particuliere coöperaties die een elektriciteitsnetwerk opzetten. Na de Tweede Wereldoorlog vond er een beleid van centralisatie plaats. De gemeentelijke en provinciale elektriciteitsbedrijven gingen in 1949 op in het samenwerkingsverband van de N.V. Samenwerkende Elektriciteits-Productiebedrijven (SEP). Uiteindelijk werd er ten behoeve van de robuustheid en betrouwbaarheid van het systeem in 1953 een nationaal grid gebouwd (Verbong & Van der Vleuten, 2004) waar de SEP het volledige zeggenschap over had. Met dit nationale grid werden de regionale en lokale netwerken met elkaar in verbinding gebracht. Door onder andere nieuwe milieuwetgevingen, industrieel beleid en de Europese integratie is de elektriciteitssector de laatste decennia steeds verder institutioneel geherstructureerd. De sector is in 2004 geliberaliseerd door het vrijgeven van de markt voor kleinverbruikers (Dumaij et al., 2012). Het voormalig verticaal geïntegreerde elektriciteitsmonopoly werd verder 'ontbundeld' met de Wet Onafhankelijk Netbeheer (De Bruijne, 2006). Deze wet verplichtte de splitsing van de geïntegreerde nutsbedrijven in drie losse onderdelen voor productie, transmissie en distributie.

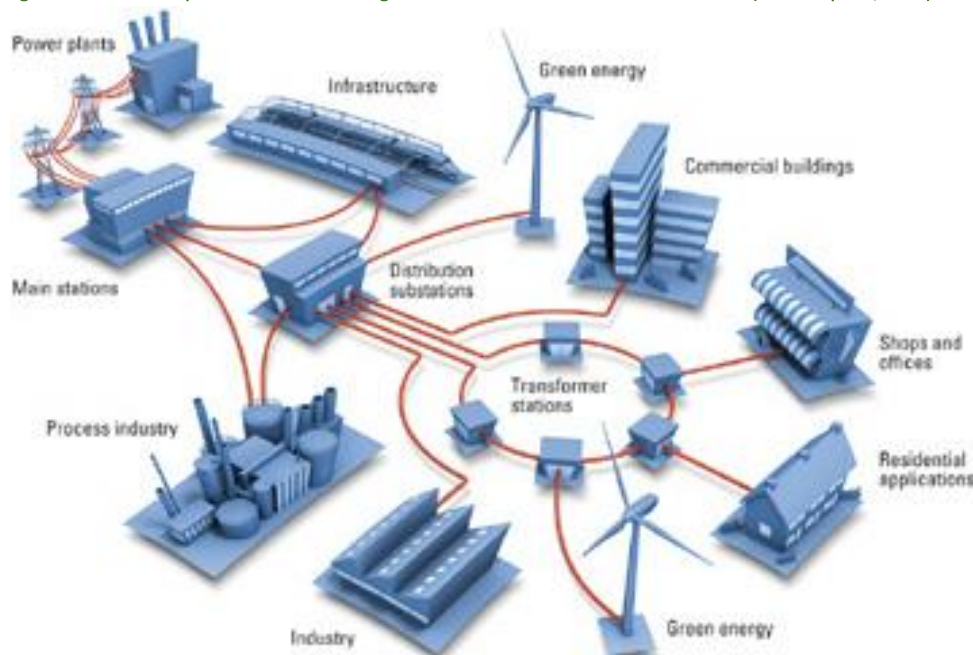
#### 4.2.1 VERSCHILLENDE SPANNINGSNETWERKEN

Kenmerkend aan het huidige Nederlandse elektriciteitssysteem is het technologisch centraal ingerichte en grootschalige karakter van het systeem (Lund, 2007). Elektriciteit wordt in het huidige systeem voor het grootste deel opgewekt door fossiele brandstoffen te verbranden en deze via het nationale elektriciteitsnetwerk naar de eindgebruiker te vervoeren (Scholtens & Zuidema, 2015). Via een netwerk van kabels op verschillende spanningsniveaus wordt elektriciteit getransporteerd. De verschillende kabelnetwerken zijn met elkaar verbonden doormiddel van transformatorstations. Voor dit onderzoek zijn de Nederlandse elektriciteitsnetten als volgt gedefinieerd:

- Het hoogspanningsnet (HS-net) dat bestaat uit alle netten met een spanningsniveau groter of gelijk aan 50 kV. Hier moet bij worden vermeld dat het hoogspanningsnet uit het 'gewone' hoogspanningsnet (110 kV en 150 kV) en het extra hoogspanningsnet (220 kV en 380 kV) bestaat;
- Het middenspanningsnet (MS-net) dat uit alle netten tussen de 400 V en de 50 kV bestaat;
- En het laagspanningsnet (LS-net) dat uit alle netten met een spanningsniveau van 400 V en lager bestaat.

Een versimpelde visuele impressie van de inrichting van het Nederlandse elektriciteitssysteem is in figuur 4-1 te vinden. Globaal gezien wordt elektriciteit opgewekt doormiddel van zon-PV op het LS-net ingevoerd, tenzij het een grote installatie of een zonnepark betreft. Windturbines op land en traditionele elektriciteitscentrales zijn in de meeste gevallen op het MS-net aangesloten. De elektriciteit die wordt opgewekt in windparken op zee wordt ingevoerd op het HS-net (Rooijers et al., 2014). Het extra HS-net verbindt de verschillende landsdelen met elkaar en zorgt voor de verbinding met naburige landen. Nederland is een relatief belangrijke speler in de Noordwest-Europese energiemarkt doordat het wind importeert uit de Noordzeegebieden, waterkracht uit Noorwegen en zonne-energie uit Duitsland (SER, 2013, p. 90).

Figuur 4-1: visuele impressie van de inrichting van het Nederlandse elektriciteitsnetwerk (Toonfrequent, 2013).



#### 4.3 INRICHTING VAN DE ENERGIEMARKTEN

Vraag en aanbod naar elektriciteit wordt in Nederland op elkaar afgestemd op de energiemarkt. Op deze markt wordt een systeem van 'programmaverantwoordelijkheid' gehanteerd waarbij de landelijke netbeheerder TenneT, de eindverantwoordelijke voor de systeembalans. Partijen met programmaverantwoordelijkheid moeten een dag van tevoren bij TenneT indienen hoeveel elektriciteit zij de dag daarop per kwartier leveren dan wel afnemen. Bij wet is het geregeld dat alle grote producenten, leveranciers en grootverbruikers deze programmaverantwoordelijkheid hebben. De programmaverantwoordelijkheid van kleinverbruikers is uitbesteed aan hun energieleveranciers.

Energieleveranciers dienen bij TenneT een programma voor hun klanten in op basis van gebruikersprofielen van deze klanten. Deze gebruikersprofielen zijn een benadering van wanneer kleinverbruikers hun elektriciteit gebruiken. De programmaverantwoordelijkheid is overdraagbaar en dus ook verhandelbaar via de energiebeurs. Een producent van elektriciteit kan via de energiebeurs elektriciteit bij een ander bedrijf inkopen om toch aan zijn leveringsplicht richting TenneT te voldoen. Het systeem van programmaverantwoordelijkheid zorgt er voor dat alle grote actoren in het energiesysteem de verantwoordelijkheid hebben om van te voren een contract voor de aankoop of verkoop van elektriciteit af te sluiten. Het systeem levert daardoor een belangrijke bijdrage aan de robuustheid en betrouwbaarheid van het elektriciteitssysteem (Donker et al., 2015).

De energiemarkt is, zoals uitgewerkt in figuur 4-2, onderverdeeld in vier markten. Op de lange termijn markten kunnen partijen direct of via een tussenpersoon contracten met elkaar afsluiten. Langetermijncontracten bieden zekerheid voor investeerders waardoor zij een deel van de opbrengst van de elektriciteitproductie van tevoren zeker kunnen stellen. Voor afnemers van elektriciteit bieden langetermijncontracten zekerheid over welke prijzen zij op lange termijn gaan betalen voor hun elektriciteit. Langetermijncontracten houden echter geen rekening met de invloed van het weer op de elektriciteitsproductie, uitvallende centrales of andere afwijkingen. Op de spotmarkt wordt daarom de vraag en aanbod naar elektriciteit een dag van te voren in evenwicht gebracht. Na het sluiten van de spotmarkt kan er nog tot vijf minuten voor het moment van levering elektriciteit verhandeld worden op de intra-day markt. Dit wordt gedaan als het aanbod of de vraag toch groter is dan op de dag van te voren werd gedacht. Na het sluiten van de intra-day markt opent de markt van het moment: de onbalansmarkt. Hier kunnen tekorten of overschotten worden gebalanceerd door TenneT. Dit doen zij door overcapaciteit te veilen of op extra capaciteit te bieden. Extra capaciteit wordt in de regel geleverd door gascentrales die snel extra of juist minder elektriciteit kunnen leveren (Donker et al., 2015).

Figuur 4-2: overzicht energiemarkten (Donker et al., 2015).



## 5 DYNAMIEK IN HET NEDERLANDSE ELEKTRICITEITSNETWERK RICHTING 2050

### 5.1 INLEIDING

Hoe het elektriciteitssysteem er in 2050 uit gaat zien is op voorhand niet exact te voorspellen. Op basis van inschattingen, verwachtingen en trends is het echter wel mogelijk een aantal brede aannames te doen. Deze aannames zijn nodig voor het schrijven van een dynamisch-adaptief plan. Zonder te weten waar je naartoe plant, kan volgens de theorie geen plan gemaakt worden. In dit hoofdstuk worden in brede lijnen de verwachte trends richting 2050 en de verwachte problemen wanneer de elektriciteitssector een CO<sub>2</sub>-reductie van 80% gaat behalen toegelicht. Het hoofdstuk sluit af met de definitie van succes voor dit onderzoek. Dit hoofdstuk draagt bij aan het beantwoorden van de derde deelvraag: 'Wat zijn de kenmerken en trends binnen het huidige Nederlandse elektriciteitssysteem en welke problemen zijn er te verwachten wanneer er een substantiële CO<sub>2</sub>-reductie in de elektriciteitsproductie plaats gaat vinden?'

### 5.2 TRENDS IN DE ELEKTRICITEITSVRAAG

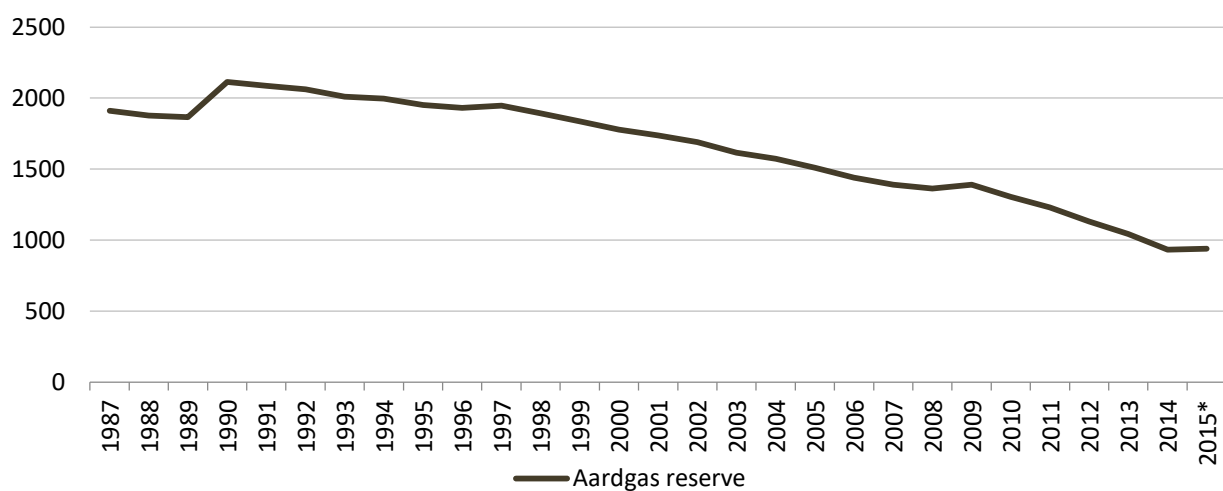
Het is de verwachting dat de totale groei van de Nederlandse energievraag door overheidsbeleid af gaat vlakken (Netbeheerder Nederland, 2011, p. 17). Dit betekent echter niet direct dat er een afname in de vraag naar elektriciteit wordt verwacht. De eerder genoemde besparingen worden vooral in de sector warmte gehaald. De sector warmte worden buiten de scope van dit onderzoek gehouden waardoor alleen de effecten van de verschuivingen die direct effect hebben op de elektriciteitsvraag worden meegenomen. Elektriciteitsbesparende maatregelen kunnen capaciteitsproblemen op het elektriciteitsnetwerk voorkomen. Energiebesparende maatregelen worden gekenmerkt door relatief hoge investeringskosten, lage operationele kosten en een relatief lange levensduur. De kosten van de financiering hiervan hebben daardoor een relatief grote invloed op het rendement (SER, 2013, p. 120). Ondanks het besparingspotentieel van 25% dat nog gehaald kan worden in Nederland kan niet aangenomen worden dat energiebesparende maatregelen de toekomstige netwerkproblematiek oplossen (Rooijers et al., 2014, p. 75).

Op dit moment is de sector transport verantwoordelijk voor 27% van de binnenlandse energievraag (CBS, 2017g). Als deze sector elektrificeert dan heeft dit aanzienlijke gevolgen voor de binnenlandse elektriciteitsvraag en elektriciteitsproductie. In 2017 waren van de 8.222.974 geregistreerde voertuigen (CBS, 2017c) 95.725 hybride personenauto's en 13.709 volledig elektrische personenauto's. (CBS, 2017c). Een toename van de hoeveelheid elektrische voertuigen hangt af de prijs, levensduur van accu's en de productieschaal en technieken (ECN, 2014; Rooijers et al., 2014, p. 70). Vooralsnog vormen de huidige hoge aanschafprijs en de lange levensduur van het huidige wagenpark de grootste belemmering voor een snelle verschuiving van fossiele naar elektrisch aangedreven voertuigen (Rooijers et al., 2014, p. 66).

Gas is vooralsnog de primaire energiebron voor de verwarming van gebouwen. Het gas dat in Nederland wordt verbruikt wordt voornamelijk uit de Groningse aardgasvelden gewonnen. Sinds de ontdekking van deze bron is er ruim 3582 miljard m<sup>3</sup> aardgas gewonnen. In 2015 bedroeg de aardgasreserve zoals in figuur 5-1 gedemonstreerd nog 940 miljard m<sup>3</sup>. Als het huidige tempo van

gaswinning wordt doorgezet verwacht het CBS dat deze aardgasreserve rond het jaar 2032 is uitgeput (CBS, 2016a). Het is mogelijk om buitenlands gas geschikt te maken voor Nederlandse huishoudens. Dit vraagt echter de bouw van speciale installaties en het importeren van gas uit het buitenland is duurder dan het gebruik van gas uit de eigen nationale voorraad. Het wordt daarom verwacht dat gas als hoofdenergiedrager voor het verwarmen van gebouwen grotendeels vervangen gaat worden door andere energiebronnen (Netbeheer Nederland, 2011, p. 22). Geothermische bronnen kunnen in een aantal gebieden het traditionele aardgas substitueren als bron voor het verwarmen van woningen. In gebieden waar dit niet mogelijk is, wordt verwacht dat de elektrische warmtepomp gebruikt gaat worden om huizen te verwarmen (Rooijers et al., 2014, p. 46). De vraag naar elektriciteit vanuit het verwarmen van gebouwen gaat dus naar verwachting stijgen.

Figuur 5-1: nationale aardgasreserve in m<sup>3</sup> op 31 december 2015 (CBS, 2016b).



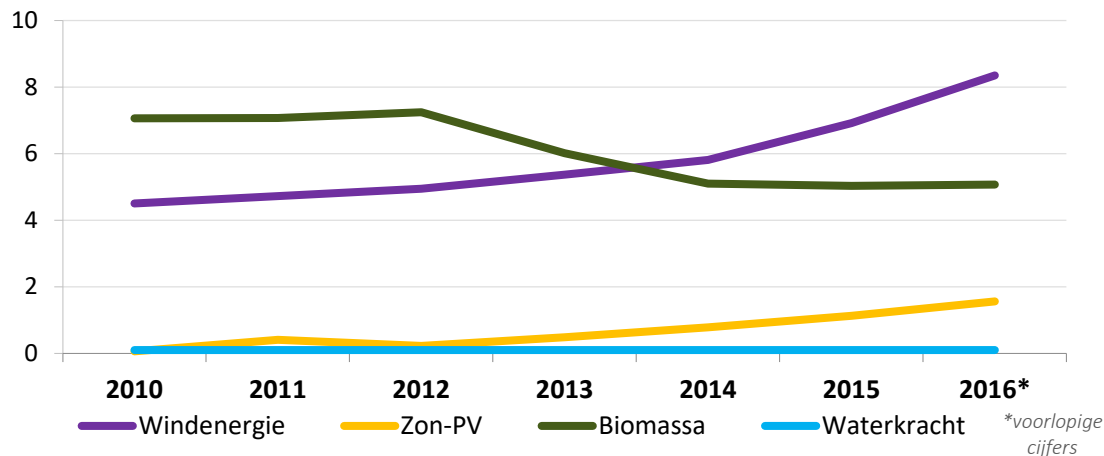
Uit de onderzochte rapporten kwam geen overeenstemmend beeld van de precieze elektriciteitsvraag in 2050 naar voren. Voor dit onderzoek is het voornamelijk van belang om vast te stellen dat de elektriciteit een relevante en substantiële energiebron richting 2050 blijft. Wanneer elektriciteit niet meer nodig zou zijn, zijn investeringen in het elektriciteitsnetwerk immers ook overbodig. Uit alle onderzochte rapporten kwam naar voren dat door trends van energiebesparingen aan de ene kant, maar elektrificering van andere sectoren aan de andere kant gesteld kan worden dat de elektriciteitsvraag eerder gaat stijgen dan gaat dalen. Zo verwachten Netbeheer Nederland (2011) en Rooijers et al. (2014) dat door substitutie elektriciteit de belangrijke energiedrager van de toekomst gaat worden. Hieruit valt op te maken dat het doen van onderzoek naar de bruikbare aspecten van een DAPP plan voor elektriciteitsmanagement relevant is.

### 5.3 TRENDS IN DE ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

Hoe de energiemix zich richting 2050 gaat ontwikkelen is niet op voorhand te voorspellen. Het tempo waarop elektriciteitsbronnen worden ingepast op het netwerk is ook niet exact te voorspellen (Donker et al., 2015, p. 27). Door de energietransitie wordt verwacht dat het hoeveel CO<sub>2</sub>-neutrale elektriciteit die wordt geproduceerd op het microniveau gaat toenemen. In 2016 werd in Nederland 5,9% van het totale energieverbruik hernieuwbaar opgewekt (CBS, 2017f). Het grootste gedeelte van de

hernieuwbare opgewekte elektriciteit kwam zoals is te zien in figuur 5-2 op rekening van respectievelijk windenergie, biomassa, zon-PV en waterkracht.

Figuur 5-2: totale bruto elektriciteitsproductie van de vier grootste hernieuwbare bronnen opgesteld in Nederland in GWh (CBS, 2017a).



Er zijn echter ook andere elektriciteitsbronnen voorhanden waarmee de 2050-doelen gehaald kunnen worden. Zo wordt in het regeerakkoord van kabinet-Rutte III bijvoorbeeld uitgesproken om in te zetten op het afvangen en opslaan van emissie afkomstig uit centrales die fossiele brandstoffen verbranden (PBL & ECN, 2017). Daarnaast is kernenergie ook een bron waarbij weinig CO<sub>2</sub> vrijkomt. Voor dit onderzoek is uitgegaan van de huidige stand van de techniek en kosten per potentiële CO<sub>2</sub>-neutrale elektriciteitsbron wat de eigenschappen van deze bronnen zijn voor het elektriciteitsnetwerk. Een overzicht van de onderzochte bronnen is te vinden in figuur 5-3.

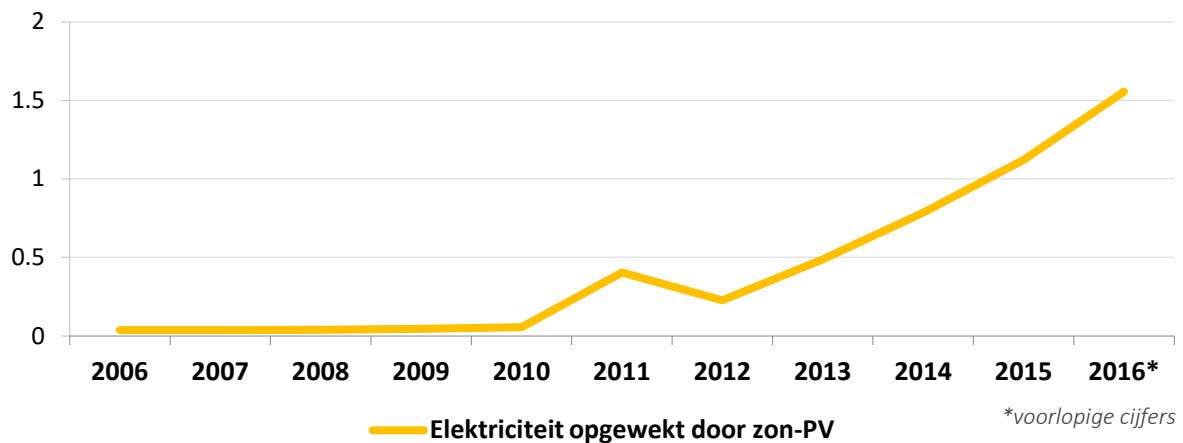
Figuur 5-3: overzicht van onderzochte CO<sub>2</sub>-neutrale elektriciteitsbronnen.

Bron	Kenmerken	Geografische spreiding
<b>Kernenergie</b>	Niet hernieuwbaar, regelbaar	centraal
<b>Fossiele verbranding met CCS</b>	Niet hernieuwbaar, regelbaar	centraal
<b>Windenergie</b>	Hernieuwbaar, niet-regelbaar	centraal of decentraal
<b>Zon-PV</b>	Hernieuwbaar, niet-regelbaar	decentraal
<b>Biomassa</b>	Hernieuwbaar, regelbaar	centraal of decentraal
<b>Waterkracht</b>	Hernieuwbaar, regelbaar	centraal of decentraal

### 5.3.1 ZON-PV

Zoals is te zien in figuur 5-4 is de elektriciteitsproductie uit zon-PV sinds 2010 aan het toenemen. De salderingsregeling die in Nederland van kracht is, heeft voor een groot deel bijgedragen aan de snelle groei van zon-PV in Nederland. In 2016 bestond 10,32% van de in de Nederland opgewekte hernieuwbare elektriciteit uit zon-PV (CBS, 2017a), dit is 1,35% van de totale elektriciteitsproductie van dat jaar (CBS, 2017d).

Figuur 5-4: ontwikkeling van totale bruto elektriciteitsproductie afkomstig uit zon-PV in GW/h (CBS, 2017a).



Door de salderingsregeling is de terugverdientijd van zonnepanelen verlaagd waardoor het installeren van zonnepanelen voor gebouweigenaren een rendabele investering is. Door de salderingsregeling kunnen kleinverbruikers (< 10.000 kWh per jaar) elektriciteit die opgewekt wordt achter de meter als het ware 'wegstrepen' tegen hun eigen gebruik. Hierdoor betalen zij geen energiebelasting, opslag duurzame energie (ODE) en btw over hun eigen elektriciteitsgebruik. Dit levert een flinke besparing op aangezien in Nederland de elektriciteitsprijs voor ongeveer 70% is opgebouwd uit belasting en heffingen. Sinds 2004 is het al mogelijk voor kleinverbruikers om de achter de meter opgewekte elektriciteit te verrekenen met de van het net afgenomen elektriciteit. Dit zogenoemde 'salderen' heeft ertoe geleid dat met name particuliere huiseigenaren (78% van het opgestelde vermogen in 2015) hebben geïnvesteerd in het aanleggen van zonnepanelen (PWC, 2016). Elektriciteit uit zon-PV is een decentrale vorm van elektriciteitsopwekking. Wanneer er decentrale elektriciteit door middel van zon-PV wordt opgewekt dan vindt er in eerste instantie een afname van de belasting op het netwerk plaats. Elk kWh dat decentraal op het laagspanningsnet wordt opgewekt kan binnen het net ook gelijk weer worden gebruikt. Het laagspanningsnet kan qua instroom van elektriciteit een even grote invoeding als uitstroom aan. Er gaan pas problemen ontstaan wanneer de terugleverpiek hoger gaat worden dan de huidige leverpiek (Rooijers et al., 2014). Het is de verwachting dat op decentraal niveau de hoeveelheid opgewekte energie uit zon-PV fors gaat groeien. Met name door een toename in de efficiëntie van zonnepanelen en een afname van de kosten door innovatie in de productieprocessen (Urgenda, 2014, p. 101; Netbeheerder Nederland, 2011, p.17).



### 5.3.2 WINDENERGIE

Windturbines op land zijn vooralsnog de goedkoopste bron van hernieuwbare elektriciteit. De aanleg van meer windturbines op land leidt op verschillende plaatsen echter tot protest in de samenleving. Er wordt verwacht dat door de combinatie van de verlaging van het energiebelasting tarief en de mogelijkheid dat burgers meefinancieren het aantal windparken toch verder toe gaat nemen (Netbeheer Nederland, 2013). Doordat windturbines op land zijn aangesloten op het MS-net wordt verwacht dat deze vooralsnog weinig problemen op gaan leveren.

Windmolenparken op zee zijn op dit moment nog relatief duur maar er wordt tussen 2014 en 2024 een kostenreductie van 40% per opgewekte MW per jaar verwacht (SER, 2013, p. 70; Urgenda, 2014). Urgenda (2014) schrijft dat het ondiepe gedeelte van de Noordzee genoeg oppervlakte heeft om alle windturbines te plaatsen die nodig zijn voor de Nederlandse energievraag. Wind op zee gaat daardoor in totaal opgestelde vermogen wind op land inhalen is de verwachting. Voor het elektriciteitsnetwerk betekent dit dat er investeringen in een hoogspanningsnetwerk op zee nodig gaan zijn. Figuur 5-5 is een overzicht van de in het Energieakkoord vastgelegde aanbestedingen van windparken op zee.

Figuur 5-5: schema van het vermogen aan geplande aanbestedingen voor wind op zee (SER, 2013).

Aanbesteden in	Windvermogen	Operationeel in
2015	450 MW	2019
2016	600 MW	2020
2017	700 MW	2021
2018	800 MW	2022
2019	900 MW	2023

### 5.3.3 FOSSIELE VERBRANDING MET CCS

Het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> kent op dit moment nog vele onzekerheden. Toch wordt er verwacht dat het afvangen van CO<sub>2</sub> bij de verbranding van fossiele brandstoffen (Carbon capture and storage, afgekort tot CCS) een rol kan gaan spelen bij het behalen van de doelen. CCS is het meest kosteneffectief bij kolencentrales vanwege het grote en geconcentreerde CO<sub>2</sub> aanbod in de rookgassen (Rooijers et al., 2014, p. 38-39). Op dit moment worden er projecten uitgevoerd om de techniek te testen, maar er zijn nog meerdere jaren nodig voordat de techniek in de markt kan worden gezet (Rooijers et al., 2014, p. 70). Vanuit de wetenschap heerst er vooralsnog twijfel over de veiligheid van CCS (Zoback & Gorelick, 2012). Op een testlocatie in Barendrecht werd in 2010 zo heftig geprotesteerd dat de tests gestopt zijn (Nu.nl, 2010). Mocht CCS veilig, economisch haalbaar en maatschappelijk wordt geaccepteerd dan kan het gaan gebeuren dat de inzet van fossiele brandstoffen in combinatie met het (ondergronds) opslaan van de afgevangen CO<sub>2</sub> nog een lange tijd een rol gaat spelen (Netbeheerder, Nederland, 2011, p. 27). In het regeerakkoord van kabinet-Rutte III is de ambitie vastgelegd om verder in te zetten op deze technologie (PBL & ECN, 2017). Met name het opslaan van de opgevangen broeikasgassen brengt planologische vraagstukken met zich mee. Voor het elektriciteitsnetwerk in zijn geheel brengt CCS weinig problemen met zich mee omdat het netwerk al ingericht is op het transporteren van elektriciteit vanuit kolencentrales.

#### 5.3.4 OVERIGE ONDERZOCHE ELEKTRICITEITSBRONNEN

Waterkracht vormt met een elektriciteitsproductie van rond de 100 MW per jaar een relatief bescheiden bijdrage aan de totale energiemix. Door het gebrek aan hoogteverschil in Nederland wordt er geen substantiële toename van elektriciteit uit waterkracht verwacht. Biomassa droeg in het jaar 2016 na windenergie het meeste bij aan de Nederlandse hernieuwbare energiemix. De voornaamste keerzijde van het gebruiken van biomassa om elektriciteit op te wekken is de hoeveelheid landbouwareaal die nodig is om genoeg gewassen te verbouwen. Verschillende rapporten gaven aan dat een onrealistisch hoge import van biobrandstoffen nodig is om de hoeveelheid opgewekte elektriciteit uit biomassa substantieel op te voeren (Rooijers et al., 2014; Urgenda, 2014). Problemen voor het elektriciteitsnetwerk in zijn geheel worden door de geringe verwachte toename van biomassa en het centrale karakter van grootschalige biomassa centrales niet verwacht. Decentrale biomassa centrales bij agrarische bedrijven kunnen indien het bedrijf alleen zou terugleveren bij kunnen dragen aan lokale congestie of overcapaciteit op het netwerk. Door het eigen hoge elektriciteitsgebruik van deze bedrijven lijkt dit echter geen realiteit te gaan worden. Energie uit kernsplitsing vormt in Nederland op dit moment een bescheiden rol in de energiemix. De doorlooptijd van de bouw van een nieuwe kerncentrale ligt rond de 10-15 jaar. In de periode waarin deze studie is verricht zijn er geen besluiten genomen over de bouw van nieuwe centrales. Dat betekent dat er tot 2032 in elk geval geen toename van kernenergie op het netwerk verwacht wordt (Rooijers et al., 2014, p. 70). Technieken zoals blue energy, energie uit getijden en energie opwekking uit traag stromende rivieren zijn veelbelovend en in Nederland toepasbaar (Urgenda, 2014, p. 88). Doordat zij nu nog te vroeg in de experimentele fase bevinden vallen zij uit de scope van het tijdsbestek van de hoofdacties van dit onderzoek. De experimentele technieken kunnen in het onderzoek wel worden meegenomen in de 'onvoorziene acties' wanneer bepaalde indicatoren van deze experimentele technieken zoals bijvoorbeeld een bepaalde prijsdoorbraak behaald wordt.

#### 5.4 DEFINITIE VAN SUCCES VOOR HET DAPP PLAN

Het huidige elektriciteitssysteem is ingericht op een centrale fossiele elektriciteitsopwekking. TenneT is het bedrijf dat verantwoordelijk is voor de handhaving van de elektriciteitsbalans en de spanningskwaliteit. Door elektriciteit te vragen of aan te bieden op energiemarkten zorgt TenneT ervoor dat er altijd genoeg elektriciteit beschikbaar is en dat overcapaciteit verkocht kan worden indien de markt dit niet uit zichzelf heeft gedaan. Uit de documentenanalyse is naar voor gekomen dat elektriciteit uit zon-PV, windenergie en mogelijk fossiele verbranding met CCS technieken de belangrijkste elektriciteitsdragers richting 2050 gaan worden.

Wanneer de hoeveelheid elektriciteit uit zon-PV toeneemt dan worden er specifiek problemen verwacht voor vooral de dag-nacht energie-balancering en in iets mindere mate de seizoensgebonden- en de systeembalans. Voor het faciliteren van elektriciteitsopwekking uit wind op zee is een hoogspanningsnetwerk op zee nodig. Daarnaast worden er door het onvoorspelbare karakter van de wind problemen voor vooral de systeembalans verwacht. Wanneer fossiele verbranding met CCS technieken de belangrijkste energiedrager gaat worden dan worden er weinig problemen voor het elektriciteitsnetwerk verwacht. Voor het maken van de DAPP map is een definitie van succes voor het jaar 2050 opgesteld.

De definitie van succes is een omschrijving van wanneer de doelen gehaald zijn (Hasnoot et al., 2012b). Voor de definitie van succes is uitgegaan van het CO<sub>2</sub>-reductiedoel van het gehele land die op een reductie van 80% gesteld. Aangezien de sector elektriciteit verantwoordelijk is voor een aanzienlijk deel van de nationale CO<sub>2</sub>-uitstoot is het nodig dat deze sector op zijn minst deze doelstelling haalt. Wanneer dit gebeurt met elektriciteit uit niet-regelbare bronnen dan gaat dit met de huidige inrichting van het systeem tot problemen voor de dag-nacht energie-balans, de seizoensgebonden balans en de systeembalans leiden. Daarnaast kunnen er problemen voor de spanningskwaliteit op de LS-netten ontstaan. Vanwege de wettelijke taak van netbeheerders om het Nederlandse elektriciteitsnetwerk zowel betrouwbaar en betaalbaar te houden is de definitie van succes voor dit onderzoek daarom als volgt geformuleerd:

**‘Het betrouwbaar en betaalbaar faciliteren van een substantiële toename van decentrale niet-regelbare elektriciteitsproductie op het Nederlandse elektriciteitsnetwerk.’**

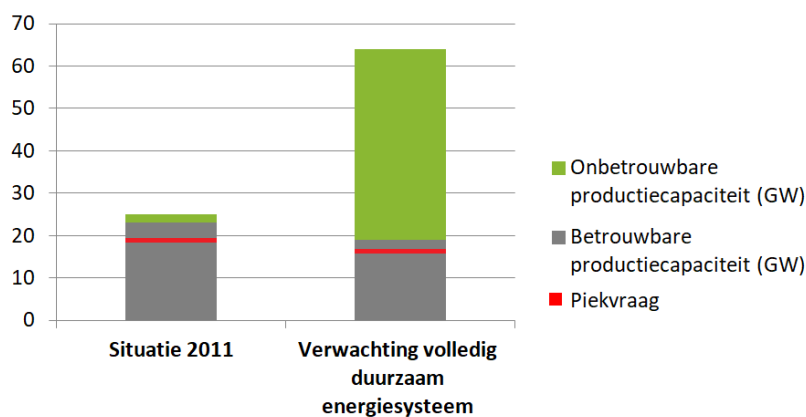
# DEEL B: RESULTATEN UIT HET EMPIRISCH ONDERZOEK

## 6 VERWACHTE PROBLEMEN VOOR HET ELEKTRICITEITSSYSTEEM

### 6.1 INLEIDING

In een elektriciteitssysteem dient er altijd een balans te zijn tussen de vraag en aanbod van elektriciteit op een gegeven tijdstip. Flexibele conventionele centrales vormen nu nog de reservecapaciteit om onbalans in het systeem op te lossen (PBL & DNV-GL, 2014, p. 14). Zoals in de hypothetische situatie van een duurzaam energiesysteem in figuur 6-1 is te zien gaat de leveringszekerheid veranderen wanneer de hoeveelheid onbetrouwbare elektriciteitsproductie uit decentrale niet-regelbare elektriciteitsbronnen toeneemt. Wanneer het eindbeeld van de definitie van succes gehaald gaat worden dan gaat dit zonder maatregelen voor het Nederlandse elektriciteitssysteem concreet leiden tot problemen op drie verschillende schaalniveaus. Op het macroniveau worden er systeemproblemen verwacht in seizoensgebonden systeembalans, op het mesoniveau in de dag-nacht energiebalans en op het microniveau verwachten de netbeheerders lokale spannings- en netkwaliteitsproblemen. Deze drie problemen worden in de volgende paragrafen toegelicht waardoor dit hoofdstuk bijdraagt aan het beantwoorden van de derde deelvraag: ‘Wat zijn de kenmerken en trends binnen het huidige Nederlandse elektriciteitssysteem en welke problemen zijn er te verwachten wanneer er een substantiële CO<sub>2</sub>-reductie in de elektriciteitsproductie plaats gaat vinden?’

Figuur 6-1: leveringszekerheid in 2011 en de verwachting wanneer het energiesysteem in 2030 volledig duurzaam is. Hierbij is uitgegaan van 77,9 PJ zon, 286 PJ wind en 128 PJ groengas in de 2030 situatie (Urgenda, 2013).



### 6.2 DE SEIZOENSGEBONDEN SYSTEEMBALANCERING

Met een toenemend aandeel niet-regelbare energiebronnen is het lastiger om de energievraag en -levering te balanceren (Scholtens & Zuidema, 2015; Lund, 2007). Bij een jaarlijkse energiebalans van 20 GWp aan decentraal niet-regelbaar vermogen kan er (zonder maatregelen) een dusdanig productiecapaciteitsverschil ontstaan dat er tekort aan elektriciteit in de winter en een overcapaciteit in de zomer kan ontstaan (PBL & DNV-GL, 2014, p. 25-25). Om het elektriciteitssysteem betrouwbaar te houden is het van belang genoeg flexibele leverbare elektriciteit achter de hand te hebben. Het kan immers voorkomen dat er op een dag met weinig zon en wind een hoge elektriciteitsvraag mogelijk is (Rooijers et al., 2014, p. 60). In dat geval is er back-up capaciteit nodig die in het huidige systeem door conventionele centrales wordt ingevuld maar waarvan de business case onder druk staat. Aan de

andere kant kan er juist op een dag met weinig vraag naar elektriciteit en zonnig, winderig weer een overschot aan niet-regelbare elektriciteit ontstaan. Er moeten dan acties genomen worden zoals het opslaan of het exporteren van de overbodige elektriciteit. Dit geeft mogelijk problemen met de handhaving van de balans in het elektriciteitssysteem en met de handhaving van de spanningskwaliteit (Rooijers et al., 2014, p. 76). Uit het rapport van PBL & DNG-VL en het interview met de heer Roovers kwam naar voren dat elektriciteit opgewekt in de laagspanningsnetten zonder problemen getransporteerd kan worden via de middenspanningsnetten naar de hoogspanningsnetten op een zonnige dag. Wanneer de zon in de omringende Europese landen echter ook fel schijnt dan is er op de gehele Noordwest-Europese markt een overcapaciteit te verwachten. Hierdoor kan de elektriciteit nog steeds niet kwijt waardoor de verwachte problemen niet opgelost gaan worden (DNG-VL, 2014, p. 18; Appendix III, 17-11-2017). Deze problemen bevinden zich in de systeembalans, wat het domein van landelijke netbeheerder TenneT is.

### 6.3 DAG-NACHT ENERGIE-ONBALANS

Wanneer er een substantiële toename van niet-regelbare elektriciteitsproductie op de laagspanningsnetten gaat plaatsvinden dan kunnen er problemen met de dag-nacht energie-onbalans ontstaan (DNV-GL, 2014, p. 24). Met de dag-nacht energie-onbalans wordt het verschil tussen de productiepiek van met name zon-PV overdag en de verbruikspiek van elektriciteit in de avond bedoeld. Wanneer het elektriciteitssysteem overwegend afhankelijk wordt van de decentrale niet-regelbare elektriciteitsbron zon-PV dan zijn er maatregelen nodig om deze grote hoeveelheden opgewekte zonnestroom efficiënt te kunnen gebruiken. Er dient een oplossing te komen dat de overdag opgewekte elektriciteit ergens heen kan en dat er genoeg elektriciteit beschikbaar is om in de avond voldoende te kunnen leveren zodat aan de vraagpiek kan worden voldaan. (PBL & DNV-GL, 2014, p. 1). Deze verwachte problemen vallen ook in het domein van TenneT, omdat in het takenpakket van de regionale netbeheerders staat omschreven dat zij de elektriciteit die zij niet in hun eigen regio kwijt kunnen aan TenneT dienen door te leveren (Appendix IV, 20-12-2017).

### 6.4 SPANNINGS- EN NETKWALITEITSPROBLEMEN

Wanneer er een substantiële toename van decentrale niet-regelbare elektriciteitsproductie plaats gaat vinden dan gaat dit zonder maatregelen in alle gevallen leiden tot capaciteits- als spanningsproblemen voor het elektriciteitsnetwerk (Rooijers et al., 2014, p. 85). Deze problemen gaan vooral optreden op de piekmomenten van de elektriciteitsproductie uit zon-PV. Het gaat een aantal keer per jaar voorkomen dat door een grote productie van elektriciteit uit zon-PV er meer elektriciteit teruggeleverd moet gaan worden dan dat de netten aankunnen. De maximale capaciteit van laagspanningsnetwerken wordt op dit moment bepaald door het uur met de grootste elektriciteitsvraag. Het wordt verwacht dat in de toekomst niet meer de maximale vraag, maar de maximale elektriciteitsproductie leidend gaat worden. De laagspanningsnetten in Nederland zijn gelegd op een gemiddelde piek van 1,5 kW per aansluiting. Behalve in uitzonderlijke gevallen, zoals in 2016 in Bedum waar door een plotselinge toename van zonnepanelen door subsidieregelingen van de NAM een onverwacht grote toename van zon-PV productie ontstond, kent het Nederlandse elektriciteitsnetwerk met de huidige zon-PV productie nog geen terugleverproblemen (DNV-GL, 2014). Bij een productiepiek in de zomer kan het piekvermogen naar verwachting oplopen tot 11 kW per

woning en zelfs 19,4 kW per grondgebonden woning (Rooijers et al., 2014, p. 85). In een doorrekening waarbij wordt uitgegaan van een opgesteld vermogen aan zon-PV van 66 GWp wordt in 90% van de gebieden een terugleverpiek die tussen de 3 en 20 keer hoger is dan de huidige vraagpiek. (PBL & DNV-GL, 2014, p. 33). Wanneer dit gebeurt dan gaan er spannings- en frequentieproblemen op de laagspanningsnetten, het domein van de regionale netbeheerders, ontstaan. De bandbreedte van het Nederlandse elektriciteitsnetwerk is 230 volt met een plus of min van 23 volt. Wanneer er een hogere afwijking in de spanningskwaliteit plaatsvindt dan krijg je bijvoorbeeld flikkerende lampen of uitval van elektrische apparatuur. Zonnepanelen hebben een omvormer die beveiligd is om die spanningskwaliteit te garanderen. Wanneer door overcapaciteit de spanning op een laagspanningsnetwerk te hoog is en dit kan niet weggevoerd worden, dan gaat de omvormer automatisch uit. Hierdoor levert het zonnepaneel geen elektriciteit meer aan het netwerk (Appendix II, 15-11-2017). Daarnaast gaan er netverliezen ontstaan omdat de terugleverpiek op sommige locaties groter gaat worden dan de capaciteit van de kabels en transformatoren (PBL & DNV-GL, 2014, p. 18).

## 6.5 CONCLUSIE

De drie grootste problemen die worden verwacht zijn de problemen omtrent de seizoensgebonden balans, de dag-nacht balans en de spannings- en kwaliteitsproblemen die op de laagspanningsnetten gaan voorkomen. Met het maken van DAPP plan voor het Nederlandse elektriciteitsnetwerk gaat geprobeerd worden deze problemen zoveel mogelijk te voorkomen of op te lossen. Binnen het elektriciteitssysteem zijn er echter een aantal kwetsbaarheden te vinden die de in dit hoofdstuk beschreven problemen en de mogelijke oplossingen voor deze problemen kunnen bedreigen. In het volgende hoofdstuk worden deze kwetsbaarheden verder toegelicht.

## 7 KWETSBAARHEDEN BINNEN HET ELEKTRICITEITSSYSTEEM

### 7.1 INLEIDING

Voordat het mogelijk is om de acties voor het DAPP plan op te stellen is het eerst van belang de kwetsbaarheden binnen het elektriciteitssysteem te vinden. Er zijn een aantal aspecten en een aantal verwachte ontwikkelingen binnen het huidige systeem die een gevaar kunnen vormen voor het behalen van de definitie van succes. Deze worden per stuk in de volgende paragrafen doorgenomen. Dit hoofdstuk draagt bij aan het beantwoorden van deelvraag vier: ‘Welke kansen en kwetsbaarheden worden er voor het elektriciteitsnetwerk verwacht en welke acties zijn er nodig om het elektriciteitsnetwerk betrouwbaar en betaalbaar te houden wanneer in 2050 een CO<sub>2</sub>-reductie van 80% heeft plaatsgevonden in de elektriciteitssector?’

### 7.2 BUSINESS CASE VAN CONVENTIONELE CENTRALES NIET LANGER HOUDBAAR

De Nederlandse energiemarkt is door haar goede verbindingen nauw verbonden met de Duitse markt. Er staat echter genoeg productiecapaciteit in Nederland opgesteld om op elk moment in de volledige eigen energiebehoefte te voorzien. Door de Duitse ‘Energiewende’ is het aanbod van elektriciteit uit zon-PV en wind op de Noordwest-Europese energiemarkt toegenomen. Daarnaast is door de uitfasering van atoomstroom in Duitsland de productie van relatief goedkope kolenstroom toegenomen. Dit tezamen heeft geleid tot een daling van de elektriciteitsprijzen in Noordwest-Europa. Hierdoor zijn de flexibele gascentrales in Nederland het grootste deel van de tijd niet langer rendabel. De prijs per kWh ligt in een gascentrale hoger dan in een kolencentrale met de huidige prijzen waardoor zij eerder af worden geschakeld (Donker et al., 2015, p. 62). Het verdienmodel van gascentrales die snel bij- en afschakelen om onbalans op de energiemarkt op te lossen staat onder druk. De bedrijfstijd van een aantal grote centrales is in Nederland al fors gedaald en staat verder onder druk (Rooijers et al., 2014, p. 75). Wanneer het aandeel van elektriciteit opgewekt door wind en zon-PV in de elektriciteitsproductie toeneemt zonder dat de vraag flexibeler wordt, dan kan het steeds vaker voorkomen dat het niet rendabel is voor deze centrales om elektriciteit op te wekken. Als die centrales uit bedrijf worden gehaald dan valt het eigen nationale reservevermogen weg. Hierdoor kunnen vraagstukken ontstaan of er op momenten in de winter, wanneer er weinig zon en wind voor handen is, genoeg (flexibele) capaciteit aanwezig is om aan de elektriciteitsvraag te voldoen (Donker et al., 2015; Urgenda, 2014, p. 112).

### 7.3 GEBREK AAN INCENTIVES OM ELEKTRICITEIT OP TE SLAAN

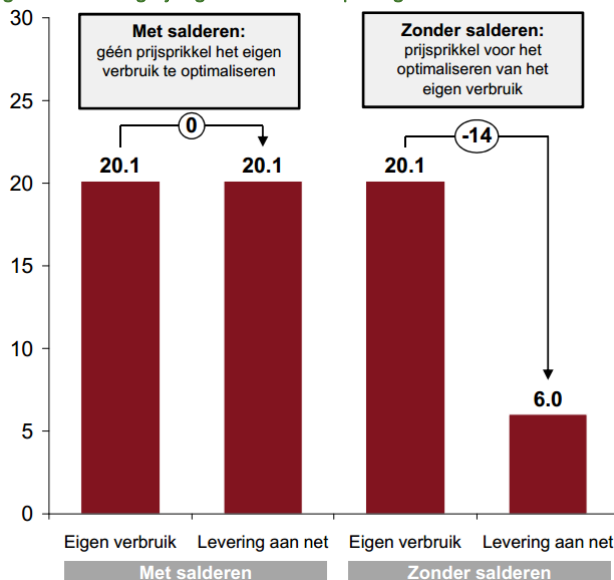
Het opslaan van (duurzaam opgewekte) elektriciteit kan een oplossing bieden aan de verwachte problemen omtrent het balanceren van de capaciteit en de netspanning. Toch zijn opslagfaciliteiten nog niet doorgebroken. De belangrijkste redenen waarom opslag nog niet is doorgebroken zijn de salderingsregeling en de hoge prijs per opgeslagen kW.

De huidige salderingsregeling die in Nederland tot 2023 van kracht is, neemt de prijsprikkel voor huishoudens weg om zelf opgewekte elektriciteit op te slaan (Appendix III, 17-11-2017). Dit komt doordat met het salderen van elektriciteitsproductie achter de meter de koppeling tussen het



moment van elektriciteitsproductie en de vraag naar elektriciteit weg valt (Rooijers et al., 2014). Gemiddeld gebruikt een kleinverbruiker die op een gemiddelde dag elektriciteit uit zon-PV opwekt 30% van zijn eigen opgewekte elektriciteit. De rest levert hij terug aan het lokale elektriciteitsnetwerk. Zoals is te zien in figuur 7-1 brengt een gesalderde kWh dus evenveel op als een zelf opgewekt kWh dat direct gebruikt wordt waardoor er geen prikkel is om het eigen opgewekte direct te gebruiken of eventueel lokaal op te slaan in een accu (PWC, 2016)

Figuur 7-1: vergelijking tussen de opbrengst van elektriciteit met en zonder salderen in eurocent per kWh (PWC, 2016).



Een grove schatting van Rooijers et al. (2014) laat een kostenplaatje van 2000 euro per opgeslagen kWh zien. Dat betekent concreet dat iedere GW aan onbalans 2 miljard euro aan opslag zou gaan kosten (Donker et al., 2015, p. 51-52). Alleen programmaverantwoordelijke partijen zijn op de markt actief waar in opslag gehandeld wordt. Consumenten en lokale energie-initiatieven kunnen deze markt niet betreden en voor leveranciers is er geen business case om voor kleinverbruikers op deze markten in opslag te handelen. Dit komt doordat zij door het systeem van profielen de verschillen niet kunnen verrekenen. Een andere complex vraagstuk omtrent opslagsystemen is het toekennen van de netwerkvoordelen aan de systeemeigenaren. Een deel van de besparing die gehaald wordt door elektriciteit op te slaan wordt behaald in het distributienetwerk in zijn geheel en deze kostenbesparing wordt nu niet doorgerekend aan de aanbieder van de opslagfaciliteit (Donker et al., 2015, p. 51). Hierdoor is het behalve voor netwerkbedrijven voorlopig nog niet aantrekkelijk om in opslag te investeren.

#### 7.4 COÖRDINATIE BIJ HET BEPALEN VAN PRODUCTIELOCATIES

Het huidige regulatorisch kader is niet ingericht op het efficiënt toewijzen van de locaties waar elektriciteit opgewekt wordt of opslagfaciliteiten worden gebouwd. Grootschalige zon-PV-velden worden vaak in afgelegen gebieden waar de grond goedkoop is aangelegd. De kosten voor netbeheerders om de netwerken daar te verzwaren om de elektriciteit te kunnen transporteren kunnen in sommige gevallen hoger uitvallen dan de opbrengsten van de zonnepanelen. De kosten van de netbeheerders worden echter afgewenteld op het collectief waardoor er geen prikkels zijn voor de aanlegger van het zonnenveld om hiermee rekening te houden (Donker et al., 2015, p. 68). Voor het

geografisch lokaliseren van opslagsystemen geldt ook dat de overwegingen voor de eigenaren geheel anders zijn dan de overwegingen vanuit het systeemperspectief. De eigenaar bepaalt de locatie op basis van de kosten van de grond terwijl vanuit het systeemperspectief het van belang is om de opslag zo dicht mogelijk bij de elektriciteitsbron te zetten om transportverliezen en transmissieproblemen te voorkomen. Dit probleem komt voort uit het feit dat de nettarifering afstandsonafhankelijk is waardoor de extra kosten die het transporteren met zich mee brengt niet worden doorberekend aan de veroorzaker hier van. Door deze af te schaffen valt dit probleem op te lossen (Donker et al., 2015, p. 51).

## 7.5 CONCLUSIE

Bij het zoeken naar de kansen en bij het opstellen van de acties van het DAPP plan is het van belang om rekening te houden met de verslechtering van de business case voor conventionele centrales, het gebrek aan incentives om elektriciteit op te slaan en het coördineren van het bepalen van productie- en opslaglocaties. Met de huidige stand van de technologie en slechts een beperkt aantal aanpassingen in de regelgevingen is het mogelijk om een oplossing te vinden voor de problemen die gepaard gaan met de verslechtering van de business case en het gebrek aan incentives om elektriciteit. Om te voorkomen dat deze kwetsbaarheden een belemmering gaan vormen richting 2050 gaat een inperking van de problemen die uit deze kwetsbaarheden voorkomen meegenomen worden in het zoeken naar kansen en het opstellen van de acties. De kwetsbaarheid omtrent het coördineren van de productielocaties vraagt om een fundamentele wijziging in de inrichting van de tarifiering van de netbeheerders. Dit komt omdat het principe van de afstandsonafhankelijke nettarifering dit probleem veroorzaakt. Doordat dit een vrij complex en uiterst politiek vraagstuk is en de effecten van deze kwetsbaarheid beperkt zijn, is er gekozen om deze kwetsbaarheid niet specifiek mee te nemen in het DAPP plan.

## 8 KANSEN

### 8.1 INLEIDING

Op verschillende schaalniveaus zijn er kansen te vinden die kunnen bijdragen aan het behalen van de definitie van succes. Door de kansen die binnen het systeem verwacht worden te gebruiken kunnen de acties in het DAPP plan versterkt worden. De verschillende kansen die op basis van het onderzoek gevonden zijn worden in dit hoofdstuk per paragraaf toegelicht. Dit hoofdstuk geeft antwoord op de vierde deelvraag: 'Welke kansen en kwetsbaarheden worden er voor het elektriciteitsnetwerk verwacht en welke acties zijn er nodig om het elektriciteitsnetwerk betrouwbaar en betaalbaar te houden wanneer in 2050 een CO<sub>2</sub>-reductie van 80% heeft plaatsgevonden in de elektriciteitssector?'

### 8.2 KANSEN VANUIT DE NATIONALE ENERGIEMARKT

Doordat de groep kleinverbruikers verantwoordelijk is voor een derde van het totale energieverbruik kunnen zij door bijvoorbeeld gebruikspieken in de winter te verschuiven of juist extra te gebruiken als er veel niet-regelbare elektriciteit voorhanden is, een bijdrage leveren aan het betaalbaar en betrouwbaar houden van het energiesysteem. Een voorwaarde hiervoor is dat zij wel per kwartier bemeten moeten kunnen worden en een incentive moeten hebben om hun gebruik aan te passen (Rooijers et al., 2014, p. 78; Donker et al., 2015, p. 65). Met het verder flexibiliseren van de elektriciteitsprijs kunnen tariefsystemen consumenten stimuleren hun vraag meer en beter aan het fluctuerende aanbod te koppelen (Rooijers et al., 2014, p. 76-77).

### 8.3 DE EUROPESE ENERGIEMARKT

Door de Europese coördinatie te verbeteren liggen er kansen om de betrouwbaarheid van het energiesysteem te verbeteren (SER, 2013, p. 90). Nederland heeft op dit moment de volgende verbindingen met het buitenland in gebruik (VEMW, 2017):

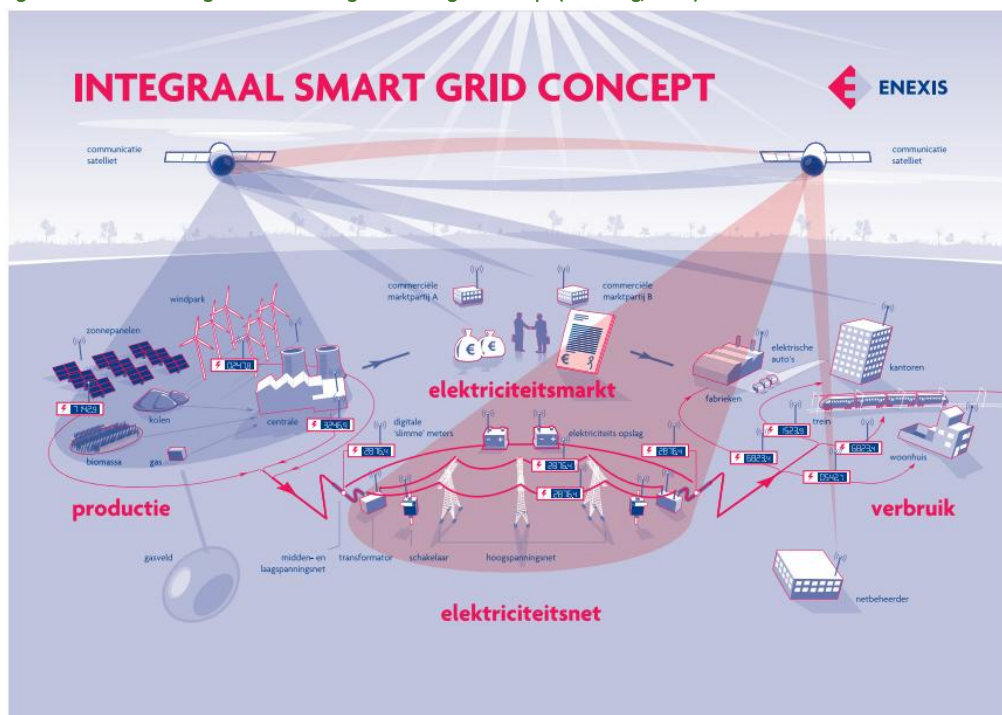
- België (twee kabels, 1645 MW per kabel);
- Duitsland (drie kabels, 1645 MW per kabel);
- Noorwegen (NorNed-kabel, 700 MW);
- Groot-Brittannië (BritNed-kabel, 1000 MW).

Wanneer de interconnectie wordt uitgebreid dan worden de Europese energiemarkten verder geïntegreerd wat het risico op een voorzieningstekort in bepaalde delen van Europa verkleint. Hierbij geldt de wet van de schaalvergroting. Hoe groter het systeem is, hoe beter het systeem om kan gaan met relatief kleiner wordende verstoringen. Het maakt de nationale energievoorziening echter afhankelijk(er) van wat er in het buitenland gebeurt (Donker et al., 2015, p. 52-53). Fluctuaties kunnen elkaar uitdempen. De wind waait altijd wel ergens en in een vrij extreme uitbreiding van de interconnectie maakt het theoretisch mogelijk om een deel van onze elektriciteit te importeren vanuit zonneparken uit Zuid-Europa, zoals Spanje en Griekenland, op het moment dat in Nederland niet genoeg hernieuwbare elektriciteit wordt opgewekt (Urgenda, 2014, p. 85). Daarbij biedt het een oplossing voor de momenten van een tekort aan elektriciteit indien er in Nederland niet genoeg hernieuwbare elektriciteit opgewekt kan worden (Urgenda, 2014, p. 85).

## 8.4 POTENTIE VANUIT SMART GRID TECHNOLOGIE

Met toepassingen op basis van smart grid technologie kan het energiesysteem verder worden geoptimaliseerd. Voor dit onderzoek wordt een smart grid omschreven als een elektriciteitsdistributienetwerk dat voorzien is van informatie- en communicatietechnologie voor zowel gebruikers, netbeheerders als producenten (Rooijers et al., 2014, p. 77; Slootweg, 2010). Hoewel het begrip smart grid erg breed is omvat de kern van het smart grid concept het inspelen op het nauwkeurig meetbare verbruik van eindgebruikers. Met slimme meters kunnen tariefstructuren gecreëerd worden die rekening houden met zowel de situatie op de gehele energiemarkt als op het lokale net. Met het op afstand in- en uitschakelen van elektrische apparatuur kunnen netbeheerders of commerciële partijen inspelen op de fluctuaties in de energieprijzen en de netcapaciteit uitbreiden of juist beperken wanneer dit nodig is (Slootweg, 2010). Een visuele weergave van hoe een integraal smart grid eruit kan zien is te vinden in figuur 8-1.

Figuur 8-1: visuele weergave van het integrale smart grid concept (Slootweg, 2010).



Urgenda (2014, p. 38) schrijft met het 'slim laden' van elektrische voertuigen via een smart grid netwerk voertuigen opgeladen kunnen worden op de momenten dat er veel niet-regelbare duurzame elektriciteit voor handen is. Hierdoor neemt de waarde van deze elektriciteit toe wat het systeem houdbaar maakt voor de lange termijn. Netbeheer Nederland (2011, p. 25) zien ook kansen in het oplossen van de dag-nacht energie-balancering door met smart grid toepassingen elektriciteit tijdelijk op te slaan of vraagsturende stimulansen in het systeem te bouwen. Smart grid toepassingen vragen echter aanzienlijke aanpassingen en acceptatie op het niveau van de eindgebruiker. Dit komt deels door de hoge investeringskosten van opslagsystemen en deels doordat netbeheerders de mogelijkheid krijgen om achter de meter op basis van informatie elektrische apparaten te kunnen aan- en uitschakelen. Om mensen er toe te bewegen dit toe te staan moeten er voldoende prijsprikkels aanwezig zijn. Verdere flexibilisering van de elektriciteitsprijs voor kleinverbruikers en het afschaffen

van de salderingsregeling is daarom eerst nodig voordat deze kans benut kan worden. Doordat de elektriciteitsprijs voor een aanzienlijk deel uit belasting bestaat kan de overheid hier een rol inspelen door bijvoorbeeld een korting op de belasting te geven op de momenten wanneer er een overvloed aan elektriciteit op de markt is.

## 8.5 OPSLAG VAN ELEKTRICITEIT

De opslag van elektriciteit kan zowel ingezet worden op een hoger schaalniveau om de problemen voor de seizoensgebonden energie-onbalans op te vangen, de dag-nacht energie-onbalans te ondersteunen maar ook om de spanningskwaliteit op peil te houden. Opslag kan op de energiemarkt als dienst worden aangeboden. Hiermee wordt bedoeld dat bedrijven elektriciteit laden wanneer de prijs laag is en weer verkopen wanneer de prijs hoog is. Door de toename van niet-regelbare bronnen worden meer fluctuaties in de energieprijs verwacht, die prikkels veroorzaken om te investeren in opslag. Voor dit onderzoek is er een onderscheid gemaakt tussen kleinschalige opslag in accu's en batterijen en grootschalige opslag door conversie. Op het middenspanningsnetwerk wordt niet verwacht dat het opslaan van energie nodig is. Dit komt omdat verwacht wordt dat de vraag op het middenspanningsnetwerk het aanbod van niet-regelbare duurzame energie aan kan (Rooijers et al., 2014, p. 61-62).

### 8.5.1 GROOTSCHALIGE CENTRALE OPSLAG

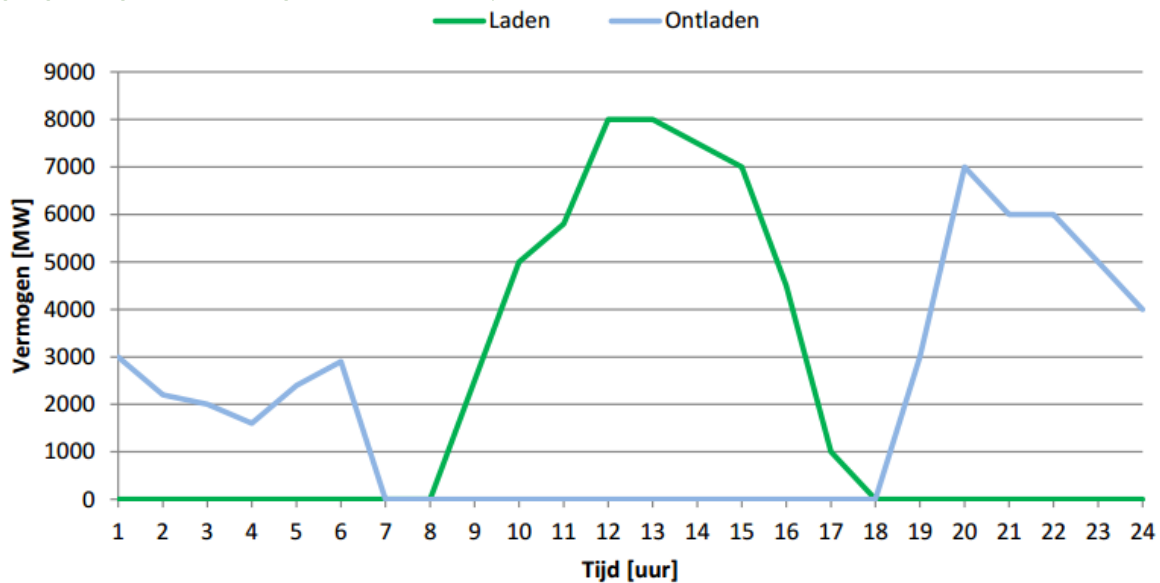
Opslag op het hoogspanningsnetwerk heeft een seizoensgebonden karakter en is gedimensioneerd op een kalenderjaar (Rooijers et al., 2014, p. 61-62). Het kan vooral kansen bieden in het oplossen van de verwachte problemen die ontstaan in de seizoensgebonden systeembalans. Op dit schaalniveau is de technologie van de huidige accu's en batterijen voorsnog in de meeste situaties te kostbaar. In de conversie van elektriciteit naar een andere energiedrager liggen echter kansen. Vooral het power-to-gas conversiepad kan een aanzienlijke rol gaan spelen (Netbeheerder Nederland, 2011, p. 22) omdat de bestaande gasinfrastructuur al aanwezig is, zo is de verwachting (Rooijers et al., 2014, p. 61-62). Compressed air energy, opslagbekkens bij windparken in de Noordzee of bijvoorbeeld in Noorwegen worden verder in de rapporten genoemd als mogelijke vormen van grootschalige opslag (Netbeheer Nederland, 2011, p. 20; Rooijers et al., 2014, p. 61-62).

### 8.5.2 KLEINSCHALIGE OPSLAG OP HET LAAGSPANNINGSNETWERK

Wanneer opslag gebruikt wordt als netwerkondersteuning dan gaat de geografische positie in het netwerk een grotere rol spelen (Rooijers et al., 2014, p. 61-62). Op wijkniveau kunnen netbeheerders opslag gebruiken als regelstrategie om zeer lokale verschillen tussen vraag- en aanbod zoveel mogelijk af te vlakken ter voorkoming van spanningskwaliteitsproblemen en netverzwaring (Rooijers et al., 2014, p. 61-62). Wanneer er genoeg elektrische voertuigen in Nederland zijn dan vormen zij samen een groot batterijpark en kunnen deze voertuigen in combinatie met een smart grid netwerk gebruikt worden om overtollige elektriciteit uit zon en wind op te slaan (Urgenda, 2014, p. 35). Netbeheer Nederland (2013, p. 21) ziet ook kansen om de accu's van auto's in te zetten om elektriciteit op te slaan in de plaats van het aansluiten van aparte opslagsystemen op het netwerk. Op dit schaalniveau is de opslagstrategie gebaseerd op een dag-nachtopslag. Dat wil zeggen dat er wordt opgeslagen tijdens

uren wanneer de zon schijnt maar er weinig elektriciteit wordt gebruikt en wordt ontladen op de uren met een hoge belasting zoals de avondpiek (Rooijers et al., 2014, p. 61-62). Op netwerkschaal kan opslag het vraagstuk betreffende de 'energievraagpieken' zoals we die nu kunnen reduceren. Deze verlaagt de hoeveelheid netwerkverliezen en voorkomt benodigde netverzwaringen of het moeten aftoppen van productie. De kosten van het gehele netwerk vallen hierdoor lager uit wat weer een extra voordeel biedt voor deze groep (Donker et al., 2015, p. 45). Een voorbeeld van hoe het laad-en ontladprofiel van opslagsystemen in het laagspanningnet eruit ziet op een dag met veel zoninstraling is in figuur 8-2 te vinden.

Figuur 8-2: laad- en ontladprofiel van opslagsystemen in het LS-net. De systemen worden tussen 8:00 en 18:00 uur opgeladen en de opgeslagen energie wordt 's nachts gebruikt (DNV-GL, 2014, p. 25).



## 8.6 CONCLUSIE

In dit hoofdstuk zijn de kansen vanuit de nationale energiemarkt, de Europese energiemarkt, de opkomst van smart grid technologie en mogelijkheden met betrekking tot de opslag van elektriciteit geïnventariseerd. Alle in dit hoofdstuk genoemde kansen zijn te gebruiken en om te zetten tot acties die in het volgende hoofdstuk zijn te vinden. Vanuit de nationale energiemarkt liggen de kansen voornamelijk in het flexibiliseren van de elektriciteitsprijs van kleinverbruikers. Deze kans is te benutten door de elektriciteitsprijs ook voor kleinverbruikers flexibel te maken en kan geoptimaliseerd worden door stimulansen te creëren waarmee de vraag gestuurd kan worden. Door dit laatste uit te voeren wordt in feite het concept van het integrale smart grid toegepast. Dit smart grid kan nog efficiënter benut worden als de kansen vanuit kleinschalige opslag op het LS-net benut worden. Het grootschalig opslaan van elektriciteit draagt vooral bij aan de seizoensgebonden balancerings en vraagt om andere technologieën en investeringen. Deze kans kan daarom als een afzonderlijke actie behandeld worden. Een verdere integratie met de Europese energiemarkt kan door het verbeteren van de verbindingen met het buitenland uitgevoerd worden. Dit is binnen het huidige systeem de verantwoordelijkheid van netbeheerder TenneT.

## 9 ACTIES

### 9.1 INLEIDING

Om uit te vinden of de DAPP aanpak bruikbaar is voor de elektriciteitssector zijn er acht mogelijke acties opgesteld. Voor elke actie is omschreven wat de actie precies inhoudt, voor welke verwachte problemen het een oplossing kan bieden en wat er nodig is om deze uit te voeren. Elke verschillende actie vormt een aparte paragraaf. Dit hoofdstuk voorziet in de informatie die nodig is om de dynamic adaptive policy pathway map te maken en draagt daarom bij aan het beantwoorden van de vierde deelvraag: 'Welke kansen en kwetsbaarheden worden er voor het elektriciteitsnetwerk verwacht en welke acties zijn er nodig om het elektriciteitsnetwerk betrouwbaar en betaalbaar te houden wanneer in 2050 een CO<sub>2</sub>-reductie van 80% heeft plaatsgevonden in de elektriciteitssector?'

### 9.2 TOELICHTING OP DE IN DE DAPP VERWERKTE ACTIES

De acties die voor deze studie zijn gekozen zijn te vinden in figuur 9-1. De impact van de acties is geschat op basis van de informatie verkregen uit de onderzochte rapporten en de interviews met energie experts. De adaptation point zijn overwegend vastgesteld aan de hand van het DNV-GL (2014) rapport, aangevuld met de inschattingen van de geïnterviewde energie expert. Er is gekozen om het DNV-GL rapport (2014) als leidraad te nemen omdat de informatie uit dit rapport is gebaseerd op een computermodel dat de gevolgen van het invoeden van verschillende hoeveelheden zon-PV op het Nederlandse elektriciteitsnetwerk heeft doorgerekend. De acties zijn verder beoordeeld op hun doelmatigheid voor het oplossen van de dagelijkse en seizoensgebonden balans. Het bereik van dit onderzoek is het maken van een plan voor het gehele elektriciteitsnetwerk in de periode tussen 2018 en 2050. De acties die in dit onderzoek zijn beschreven zijn daarom niet per definitie acties die netbeheerders altijd autonoom zouden kunnen nemen.

Figuur 9-1: scorekaart van de gekozen acties. De beoordeling van de impact van de acties geven de verhouding tussen de acties aan. Sommige acties hebben een verwaarloosbare impact op de seizoensgebonden balans, dit is aangegeven met n.v.t.

Acties	Impact op				Adaptation point (in GWp opgesteld decentraal niet-regelbaar vermogen):
	Seizoensgebonden systeembalans	Dag-nacht energie-balans	Spannings- en netkwaliteit	Betaalbaarheid	
Aftoppen van productie (50%)	n.v.t.	++	++++	++	20 – max.
Investeren in grootschalige opslagsystemen	++++	++++	++	++	16 – max.
Verbindingen met het buitenland uitbreiden	+++	+	++	+++	10 - 55
Aftoppen van productie (30%)	n.v.t.	++	+++	+++	10 - 40, 55 – max.
Aftoppen van productie (10%)	n.v.t.	+	++	++++	4 – 20, 55 – max.
Extra verzwaren van de LS-netten	n.v.t.	++	+++++	+	4 – 16, 27 - 66
Opwekking evenredig verdelen over de LS-netten	n.v.t.	n.v.t.	++++	+++++	4 - 10
Flexibiliseren van de elektriciteitsprijs voor kleinverbruikers	+	++	+++	+++	4 - 16
Vraagstimulansen voor kleinverbruikers creëren en inzetten	++	+++	++++	++++	10 – 27, 55 – max.
Investeren in en stimuleren van opslagmechanismen op de LS-netten	+++	++++	+++++	+	10 – max.

n.v.t. = heeft geen invloed, + = geringe positieve impact, ++ = redelijk weinig positieve impact, +++ = gemiddeld positieve impact, ++++ = redelijk grote positieve impact, ++++ = grote positieve impact.

### 9.2.1 AFTOPPEN VAN PRODUCTIE (50%, 30% & 10%)

Met het aftoppen van productie niet-regelbare duurzame bronnen wordt het letterlijk afschakelen van windmolens of zon-PV-productie bedoeld. Aftoppen is vooral gericht op voorkomen van problemen met de spannings- en netkwaliteit en draagt een beetje bij aan het voorkomen van de overcapaciteit overdag en het handhaven van de dag-nacht energie-onbalans. Het draagt echter niet bij aan het mogelijke elektriciteitstekort in de avond. Netbeheerders kunnen in Nederland niet op afstand zonnepanelen afschakelen. Wanneer de spanning op een laagspanningsnetwerk te groot wordt dan schakelen de omvormers van zonnepanelen automatisch uit. Dit gebeurt als eerste bij huishoudens die aan de uiteinden van de kabel wonen. Als een omvormer uit staat dan levert een huishouden geen elektriciteit meer terwijl de buurman misschien nog wel kan leveren. Dat veroorzaakt ongelijkheid, wat niet wenselijk is (appendix II, 15-11-2017). Dit kan opgelost worden door naar Duits model regelgeving in te voeren waardoor omvormers van zon-PV installaties op afstand door netbeheerders



in capaciteit gereduceerd kunnen worden en vermogensbeperking ingebouwd hebben (DNV-GL, 2014, p. 25). Hoewel het aanleggen van een draagstructuur die lager ligt dan de productiepiek een aanzienlijke besparing op kan leveren durven netbeheerders het door dit belangenconflict nog niet aan om af te toppen. Wettelijk gezien mogen zij dit ook nog niet, de Energiewet schrijft voor dat zij te allen tijde moeten leveren. Om deze wet en de bijhorende codes te wijzigen moet er vanuit de branchevereniging van netbeheerders een wijziging geïnitieerd worden. Het kan enkele jaren duren voordat deze wordt doorgevoerd (Appendix IV, 20-12-2017).

Vanuit maatschappelijk oogpunt gezien is het aftoppen van productie moeilijk te accepteren. Zeker in het geval wanneer er veel maatschappelijk geld in de vorm van subsidies is besteed aan het investeren in duurzame elektriciteitsopwekking (Rooijers et al., 2014, p. 63- 64). Het aftoppen van productie gaat uit de modelberekeningen van PBL & DNV-GL (2014) echter slechts in een beperkt aantal dagen van het jaar nodig zijn. Wanneer er voor 20GWp 10% aftopping wordt toegepast dan betekent dit bijvoorbeeld niet dat er in totaal 10% minder elektriciteit in een jaar wordt geproduceerd. Doordat alleen tijdens piekmomenten wordt afgetopt zou bij 10% aftopping slechts 0,2% aan elektriciteitsproductie worden ingeleverd (PBL & DNV-GL, 2014, p. 23). Dit maakt de maatregel daarom betaalbaar en de actie is technisch gezien reeds uitvoerbaar (appendix II, 15-11-2017). Wanneer er meer dan 20 GWp wordt geproduceerd is er volgens het model van PBL & DNV-GL (2014) een aftopping van maximaal 30% nodig. Bij deze omvang is het totale elektriciteitsproductieverlies 2-3% op jaarbasis. Met het beperken van de productie tot 30% kan echter 43% meer decentraal vermogen worden opgesteld (PBL & DNV-GL, 2014, p. 22). De actie 50% aftopping is alleen nodig indien er richting de 60 GWp aan decentraal niet-regelbaar vermogen staat opgesteld.

---

### 9.2.2 INVESTEREN IN GROOTSCHALIGE OPSLAGSYSTEMEN

Grootschalige opslagsystemen zijn centrale systemen die zijn gericht op de balancerings van het gehele elektriciteitsnetwerk. Grootschalige opslagsystemen kunnen door netbeheerders worden ingezet om de dag-nacht energie-onbalans te ondersteunen maar worden vooral genoemd als oplossing voor de seizoensgebonden onbalans (DNV-GL, 2014, p. 25). Wanneer grootschalige opslagsystemen in het netwerk beschikbaar zijn dan kunnen deze de rol van reservecapaciteit die conventionele (gas)centrales op dit moment vervullen vervangen. Door op de juiste momenten elektriciteit op te slaan of uit de opslag te halen kan het gewenste spanningsniveau behouden worden en zijn conventionele centrales hier niet langer voor nodig. De afhankelijkheid van ontwikkelingen in het buitenland nemen ook af wanneer deze actie wordt genomen (Donker et al., 2015, p. 47).

De inzet van opslag voor netwerkdoeleinden leidt voorlopig echter nog niet tot kostenbesparingen voor Nederlandse netbeheerders (Donker et al., 2015, p. 48). Dit komt mede door de hoge prijs van de techniek en doordat efficiencypercentages en opslagverliezen in de praktijk negatiever blijken uit te pakken (Donker et al., 2015, p. 51-52). Doordat grootschalige centrale elektriciteitsopslag schaalvoordelen kan bieden en doordat het buiten de gebouwde omgeving op goedkope locaties gebouwd kan worden is er echter wel een positieve business case denkbaar. Door slim in te spelen op de volatiele prijzen op de energiemarkten en dezelfde opslag te gebruiken als vervanging voor de reservecapaciteit van conventionele centrales kan grootschalige opslag in de toekomst waarde opleveren (Donker et al., 2015, p. 48; Appendix IV, 20-12-2017).

---

### 9.2.3 INVESTEREN IN VERBINDINGEN MET HET BUITENLAND

Investeren in de verbindingen met het buitenland is een actie die vooral is gericht op het managen van de seizoensgebonden systeembalans. Voor het oplossen van de lokale problemen levert het uitbreiden van de interconnectie geen meerwaarde op (Appendix IV, 20-12-2017). Op momenten van overcapaciteit kan het surplus aan niet-regelbare duurzaam opgewekte elektriciteit naar het buitenland worden geëxporteerd. Doordat wordt verwacht dat de omringende Europese landen dezelfde problemen van overcapaciteit staan te wachten op zonnige dagen kan de actie slechts beperkt gebruikt worden om de problemen die de overproductie van zon-PV met zich mee brengen op te lossen (PBL & DNV-GL, 2014, p. 18; appendix III, 17-11-2017). De verbindingen met het buitenland uitbreiden kan wel een bijdrage leveren aan het oplossen van het capaciteitstekort op de momenten waarop er te weinig niet-regelbare duurzame elektriciteit wordt opgewekt in Nederland. Stroom opgewekt uit windmolenparken op andere plekken in Europa kunnen de tekorten opvangen indien conventionele (gas)centrales uit bedrijf zijn genomen. Naast de voordelen voor de nationale systeembalans heeft het uitbreiden van de interconnectie voordelen voor het stabiliseren van de prijsvolatiliteit. Prijzen worden in de regel gedempt wanneer de markt groter is (Donker et al., 2015, p. 54). De verbindingen intensiveren is een kostbare investering. TenneT heeft reeds financiële middelen gereserveerd om dit te kunnen uitvoeren. Dat de verbindingen nog niet zijn geïntensiveerd heeft vooral een organisatorische reden. De doorlooptijd om een interconnectie met het buitenland uit te breiden is hoog. Dit komt door de hoeveelheid materialen en specialistische aannemers die nodig zijn om dit uit te voeren (appendix II, 15-11-2017).

---

### 9.2.4 EXTRA VERZWAREN VAN DE LAAGSPANNINGSNETTEN

Verzwaren van de netten is een maatregel die concreet inhoudt dat er minder elektriciteitsaansluitingen op één transformatorhuisje worden aangesloten. Hierdoor wordt de capaciteit op de laagspanningsnetten (de spreekwoordelijke haarvaten van het systeem) vergroot (Netbeheer Nederland, 2013, p. 23-24) wat de problemen voor de netspanning en kwaliteit kan voorkomen. De extra kosten van het laagspanningsnetwerk nemen ruw genomen lineair toe met het extra benodigde vermogen voor het net. Deze benadering is van toepassing wanneer bestaande netten het einde van hun economische levensduur bereiken (PBL & DNV-GL, 2014, p. 20-21). Netbeheerders zoals Enexis hebben een geautomatiseerd risicogedreven asset management. Dit houdt in dat zij het net verzwaren wanneer netten aan het einde van hun afschrijvingsperiode zitten en er (dreigende) storingen of problemen omtrent de capaciteit zich voordoen. Ze proberen daarnaast zoveel mogelijk in te haken op een wijkgerichte aanpak. Dat houdt in dat ze het onderhoud van hun laagspanningsnetten proberen te combineren met ondergrondse werkzaamheden van andere sectoren zoals riolering of telecom. De kosten die zij maken voor netverzwaringen zitten overwegend in de graafwerkzaamheden en in veel mindere mate in de kosten van de benodigde materialen zelf (Appendix II, 15-11-2017). De kosten voor netverzwarende maatregelen nemen echter flink toe wanneer pas aangelegde netten extra verzwwaard moeten worden. Dan moeten immers investeringen gedaan in stukken van het netwerk die nog lang niet zijn afgeschreven. Het is de verwachting dat deze kostentoeename in ieder geval optreedt wanneer er meer dan 50 GWp decentraal vermogen beschikbaar komt (PBL & DNV-GL, 2014, p. 20-21).

---

### 9.2.5 PRODUCTIE EVENREDIG OVER DE LAAGSPANNINGSNETTEN VERDELEN

Het evenredig verdelen van de locaties waar decentrale niet-regelbare elektriciteit wordt opgewekt is een actie die inhoudt dat elektriciteitsproductie zo homogeen mogelijk wordt verdeeld over de gebouwde omgeving. Deze methode maakt het mogelijk om zonder extra maatregelen tot 16 GWp aan decentraal niet-regelbaar vermogen op te stellen in het elektriciteitsnetwerk. Deze actie draagt alleen bij aan het oplossen van de spannings- en kwaliteitsproblemen en brengt weinig kosten met zich mee doordat er geen investeringen of ingrepen die geld kosten gedaan hoeven te worden (PBL & DNV-GL, 2014, p. 33-34).

---

### 9.2.6 VERDER FLEXIBILISEREN VAN DE ELEKTRICITEITSPRIJS

Het verder flexibiliseren van de elektriciteitsprijs maakt het mogelijk voor kleinverbruikers om met hulp van de slimme meter mee te spelen op prijsfluctuaties op de elektriciteitsmarkt. Deze actie draagt vooral bij aan de dag-nacht energie-balancering en het voorkomen van spannings- en kwaliteitproblemen doordat kleinverbruikers door de marktwerking meer elektriciteit gaan gebruiken wanneer de prijzen laag zijn door overcapaciteit en minder gaan gebruiken op momenten wanneer de prijzen hoog zijn door overcapaciteit. Netbeheerder Liander is bezig met een pilot waarin zij een aggregator, een partij die flexibiliteit inkoopt en doorverkoopt, betalen voor de flexibiliteit die zij bij kleinverbruikers vandaan halen. Netbeheerders hebben alleen ook de piekmomenten de inzet van deze flexibiliteit nodig. Door een marktpartij in deze flexibiliteit te laten handelen, kan de netbeheerder er gebruik van maken wanneer dit nodig is en de marktpartij kan de rest van de tijd geld verdienen aan het handelen in deze flexibiliteit (Appendix IV, 20-12-2017). De overheid kan wellicht bijdragen aan het flexibiliseren van de elektriciteitsprijs door een korting te geven op de elektriciteitsbelasting op de momenten wanneer er een overcapaciteit op de markt is.

De keerzijde van deze actie is dat op het moment wanneer de elektriciteitsprijzen op nationaal niveau bijzonder laag zijn en kleinverbruikers massaal de vraag omhoog schalen er lokale congestie kan gaan optreden. Dit kan gebeuren doordat er niet genoeg capaciteit beschikbaar is om de elektriciteit te vervoeren naar de plaatsen waar de meeste vraag is. Als dit vaak gebeurt dan zijn juist weer kostbare netverzwaringen nodig terwijl deze maatregel juist als voordeel heeft dat hij zeer kostenefficiënt is (Donker et al., 2015, p. 64-65; Rooijers et al., 2014, p. 78).

---

### 9.2.7 VRAAGSTIMULANSEN VOOR KLEINVERBRUIKERS CREËREN EN INZETTEN

Het stimuleren van de vraagsturing voor kleinverbruikers houdt in dat er een systeem wordt gecreëerd dat het gebruik van elektriciteit op momenten van overcapaciteit extra gaat belonen wanneer dit voor netwerkdoeleinden nodig is en extra afstraft om congesties op (gedeeltes) van het netwerk te voorkomen. Dit draagt vooral bij aan het voorkomen van de problemen voor spannings- en netkwaliteit en de dag-nacht energie-onbalans. Theoretisch kan het op termijn ook ingezet worden voor de seizoensgebonden systeembalans. Wanneer er achter de meter opslagcapaciteit beschikbaar is dan kunnen netbeheerders kleinverbruikers door middel van prijsstimulansen stimuleren om een deel van de elektriciteit die opgewekt is achter de hand te houden voor momenten wanneer er weinig

opgewekt wordt. Door deze optimalisaties kan er bespaard worden op de netverliezen en op gehele benodigde netcapaciteit waardoor het een zeer kostenefficiënte actie is (Slootweg, 2010).

### 9.2.8 INVESTEREN IN EN STIMULEREN VAN OPSLAGMECHANISMEN OP DE LS-NETTEN

Met het opslaan van elektriciteit binnen het laagspanningsnetwerk wordt het opslaan in huisgebonden accu's, een buurtbatterij of in de accu's van elektrische auto's bedoeld. Het opslaan van decentraal opgewekte elektriciteit binnen het laagspanningsnetwerk is een actie die weliswaar bijdraagt aan alle problemen maar vooral die van de dag-nacht energie-onbalans (DNV-GL, 2014, p. 24). Deze actie ondersteunt de netspanning, vlakkt de teruglever- en consumptiepieken af en zorgt dat er minder reservecapaciteit nodig om de dag-nacht onbalans op te vangen (Donker et al., 2015, p. 44-45; appendix II, 15-11-2017).

Wanneer er bij ieder PV-systeem een gelijke hoeveelheid vermogen aan elektriciteit wordt geïnstalleerd dan kunnen de verwachte lokale netproblemen volgens het model van PBL & DNV-GL (2014) voorkomen worden. Met een opslagvermogen van 1 kW per huishouden (met een geschatte 8 miljoen huishoudens) kan een aanvullende 8 GWp aan decentraal niet-regelbaar vermogen wordt geïnstalleerd. Een algemeen batterijsysteem dat bij thuis-PV-systemen wordt gebruikt is echter 5 kW. Wanneer alle huishoudens deze hebben kan er nog een extra 40 GWp in het laagspanningsnet worden ingepast (PBL & DNV-GL, p. 22-23).

Door de salderingsregeling is de waarde die een energieopslagsysteem voor een particuliere consument oplevert zeer beperkt. De salderingsregeling is in december 2016 verlengd tot en met 2023 (Vos & Van Tongeren, 2016). De kosten van een eigen opslagsysteem voor kleinverbruikers zijn rond de negen maal hoger dan de opbrengsten (Donker et al., 2015). Wanneer de salderingsregeling wordt afgeschaft dan wordt het verschil tussen de kosten en baten van kleinverbruikers met PV-panelen rond de factor drie geschat (ECN, 2015). Om dit te behalen is wel een verdere flexibilisering van de elektriciteitsprijs nodig (Donker et al. 2015, p. 46). Uit een proef van netbeheerders kwam naar voren dat lokale opslag uit kan wanneer de kosten van opslagtechnologie tussen de 50 en 100 euro per kWh komen te liggen. In het experiment lagen tijdens de kosten rond de 3000 euro per kWh (Donker et al., 2015, p. 48). Veelbelovend is daarom de opkomst van de elektrische auto. Wanneer er meer elektrische auto's op het elektriciteitsnetwerk aangesloten worden dan komt er ook meer opslagcapaciteit beschikbaar, zolang de auto's maar fysiek zijn aangesloten op het netwerk wanneer ze stilstaan (Appendix IV, 20-12-2017). Wanneer de elektrische auto gemeengoed wordt en kan worden ingezet voor opslagdoeleinden dan hoeven er geen investeringen in dure accu's gedaan te worden doordat veel huishoudens dan een eigen batterij achter de meter hebben staan. Daarnaast geeft het de batterijmarkt een boost waardoor wordt verwacht dat de kosten van huishoudelijke batterijen gaan dalen (appendix II, 15-11-2017). Wanneer de kosten van zon-PV en opslagsystemen blijven dalen dan neemt de business case toe. Wanneer dit precies is, blijkt lastig in te schatten komt uit de interviews met energie experts naar voren (appendix II, 15-11-2017; appendix III, 17-11-2017). In een aantal afgelegen gebieden in de Verenigde Staten is dit moment al bereikt en wint de solarplus-batterij aan terrein (Rocky Mountain Institute, 2014).

### 9.3 CONCLUSIE

In dit hoofdstuk zijn de tien mogelijke acties uiteengezet die genomen kunnen worden om de definitie van succes van dit onderzoek te halen. De opgestelde acties kennen elk hun eigen voor- en nadelen doordat allemaal een andere impact op de betrouwbaarheid en de betaalbaarheid van het elektriciteitsnetwerk hebben. In het volgende hoofdstuk gaan deze acties verwerkt worden in een proefdraai van een DAPP metro map voor het Nederlandse elektriciteitsnetwerk.

## DEEL C: BEVINDINGEN & ANALYSE

## 10 EVALUATIE VAN DE DYNAMIC ADAPTIVE POLICY PATHWAY AANPAK

### 10.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de bevindingen van dit onderzoek gepresenteerd. In paragraaf 10.2 zijn de bevindingen die tijdens het verkennen van de DAPP aanpak voor elektriciteitsmanagement te vinden. Aan het einde van de paragraaf is een metro map die op basis van dit onderzoek is gemaakt te vinden. In 10.3 zijn een drietal voorgestelde preferred pathways die daarna zijn ingetekend in de metro map van dit onderzoek. Paragraaf 10.4 omvat suggesties hoe onvoorziene acties opgesteld kunnen worden voor het managen van een elektriciteitsnetwerk. Paragraaf 10.5 bestaat uit een afsluitende evaluatie van de bruikbare en minder bruikbare aspecten van de DAPP aanpak. Dit hoofdstuk geeft antwoord op de vijfde deelvraag: 'Wat zijn de bruikbare en de minder bruikbare aspecten van de dynamic adaptive policy pathway aanpak wanneer deze wordt gebruikt voor het plannen van investeringen in elektriciteitsinfrastructuur?'

### 10.2 VERKENNING VAN EEN MOGELIJKE DYNAMIC ADAPTIVE POLICY PATHWAY MAP

#### 10.2.1 GEADVISEERDE AANPASSINGEN IN DE DYNAMIC ADAPTIVE POLICY PATHWAY AANPAK

Om de DAPP aanpak te gebruiken voor elektriciteitsnetwerk management zijn een aantal aanpassingen in de aanpak geadviseerd. Hoewel het allebei een discipline binnen het plannen van infrastructuur betreft, verschilt een waterbassin aanzienlijk van een nationaal elektriciteitsnetwerk. Dit komt niet alleen door het verschil in schaalniveau (één case vs. een heel netwerk) maar ook doordat ontwikkelingen op het elektriciteitsnetwerk in de scope van dit onderzoek minder voorspelbaar zijn.

#### 10.2.2 BEVINDINGEN VOOR HET ONDERZOEKSVELD

Dit onderzoek heeft als één van de doelen inzicht te geven hoe het elektriciteitsnetwerk richting 2050 zowel betrouwbaar als betaalbaar gehouden kan worden wanneer de instroom van CO<sub>2</sub>-neutrale elektriciteitsopwekking gaat toenemen. In de beginfase van het onderzoek is daarom het CO<sub>2</sub>-reductiedoel van 2050 als doel om naar toe te plannen gekozen. Om een bijdrage te leveren aan het behalen van dit doel is in eerste instantie onderzocht of de DAPP aanpak gebruikt kan worden bij het plannen van de verschuiving van fossiele naar hernieuwbare elektriciteitsopwekking. Er is gekeken naar de mogelijkheid om op de verticale as in figuur 10-2 de verschillende mogelijke elektriciteitsbronnen te plaatsen en zo in de toekomst over te schakelen van fossiele naar CO<sub>2</sub>-neutrale bronnen. Na het schrijven van het theoretische kader kwam naar voren dat door de shift in governance en de liberalisering onvoldoende sturing in Nederland is om op deze wijze een verandering in elektriciteitsproductie te initiëren.

In het onderzoek van Hasnoot et al. (2012b) zijn de gevolgen van de stijging van het waterpeil als uitgangspunt van het plan gekozen. Het stijgende waterpeil laat zich niet direct vertalen naar een stijgend elektriciteitspeil in elektriciteitsnetwerk management. De stijgende hoeveelheid elektriciteit brengt geen grote planologische vraagstukken met zich mee. Het Nederlandse regime begint steeds

verder onder druk te staan doordat er op het microniveau een groei van het aantal zonnepanelen en duurzame energieprojecten plaatsvindt. Op het macroniveau zijn het de internationale verdragen waarin wettelijk is vastgelegd dat er een CO<sub>2</sub>-reductie plaats moet vinden die op het mesoniveau de verantwoordelijken onder druk zetten om te veranderen. Voor dit onderzoek is gekozen om de doelen van het klimaatakkoord van Parijs als uitgangspunt te nemen omdat dit als belangrijkste langetermijndoel voor het klimaatbeleid wordt beschouwd.

Het onderzoek van Hasnoot et al. (2012b) is gefundeerd op meerdere toekomstscenario's die zijn uitgerekend met de hulp van het Integrated Assessment Meta Model. Met deze scenario's zijn de voorspellingen gemaakt voor hoe de waterstand in de case zich gaat ontwikkelen. De ontwikkeling van de omvang van decentraal niet-regelbare elektriciteitsopwekking laat zich minder goed met een dergelijk model voorspellen. Een dergelijk model is voor deze studie echter ook niet nodig geweest. Doordat de factor tijd is vervangen door de variabele van het absoluut opgestelde decentrale niet-regelbare vermogen is deze laatste meer belangrijk geworden in het timen van de beslissingen. Het maakt minder uit wanneer de maatregelen precies in de tijd genomen worden, ze zijn nodig bij een bepaalde hoeveelheid opgesteld vermogen. Toch is de factor tijd niet uit het onderzoek verdwenen. Vooral voor de technieken waarvan eerst een prijsdaling of een doorbraak nodig is voordat deze op grote schaal ingezet kunnen worden is tijd in het begin een leidende factor. Dat is de reden dat de acties met betrekking tot opslagmechanismes pas later in het plan voorkomen.

Tijdens het onderzoek is geprobeerd om het aanleggen van een hoogspanningsnetwerk op zee mee te nemen in het DAPP plan. Uit de interviews kwam naar voren dat het aanleggen van een hoogspanningsnetwerk op zee vooral een technische aangelegenheid is die hoe dan ook nodig is wanneer er wind op zee geproduceerd gaat worden. Het is niet een actie die bijdraagt aan de verwachte problemen betreffende het oplossen van dagelijkse en de seizoensgebonden onbalans. Om deze reden is deze actie uit het verdere onderzoek gehouden. Doordat de smart grid technologie als zeer kansrijk naar voren kwam in het vooronderzoek is onderzocht of deze in de DAPP map verwerkt kon worden. Met het smart grid kan ook het opslaan van elektriciteit achter de meter bedoeld worden. In dit onderzoek wordt dat als een aparte actie behandeld waardoor gekozen is om het implementeren van smart grid toepassingen niet als losse actie te hanteren. Later is het integrale smart grid als noemer van één van de preferred pathways terug te vinden in deze studie. Een overzicht van de methodologische aanpassingen die gedaan zijn om de DAPP aanpak te kunnen gebruiken voor het managen van een elektriciteitsnetwerk is te vinden in figuur 10-1.



Figuur 10-1: methodologische aanpassingen

Aspect	Hasnoot et al. (2012b) methode	Elektriciteitsnetwerk management
Uitgangspunt voor het plan	Verwachte problemen veroorzaakt door stijging van het waterpeil	Verwachte problemen veroorzaakt door het toenemen van CO <sub>2</sub> -neutrale elektriciteitsopwekking
Toekomstbeeld	Met het IAMM model berekende en aangevuld met expertinschattingen opgestelde toekomstscenario's	Kwalitatieve inschatting op basis van secundaire bronnen
Preferred pathways	Hiërarchisch, egalitair & individualistisch	Integraal smart grid, centraal oplossend & conservatief
Variabele	De waterstand van de rivier	Opgesteld vermogen in GWp
Beoordelen van de acties	Impact op veiligheid, zoet water, natuur, scheepsvaart	Impact op de dag-nacht onbalans en de seizoensgebonden onbalans
Verdeling van de triggers & signposts	(1) trends en gebeurtenissen binnen het watersysteem, (2) door mensen veroorzaakte veranderingen & (3) veranderingen in de voorspellingen van de toekomst	(1) weersomstandigheden en klimaateffecten, (2) door mensen veroorzaakte veranderingen & (3) veranderingen in de voorspellingen van de toekomst

### 10.2.3 BEVINDINGEN VOOR HET MAKEN DYNAMIC ADAPTIVE POLICY PATHWAY MAP

In de DAPP map voor water management hebben Hasnoot et al. (2012b) gekozen voor een hiërarchisch, een egalitair en een individualistisch perspectief op water management. Sommige aspecten van deze onderscheiden perspectieven zijn bruikbaar voor elektriciteit management. Het individualistische perspectief gaat bijvoorbeeld uit van een groot vertrouwen in marktwerking en oplossingen voortkomend uit technologische innovaties. Het hiërarchische perspectief heeft een focus heeft op het controleren van de natuur en de egalitaire een focus op het milieu en een eerlijke verdeling. Deze wereldbeelden zijn minder goed bruikbaar voor elektriciteitsmanagement. Er is voor dit onderzoek gekozen om drie perspectieven te voor te stellen die drie van verschillende invalshoeken voor het plannen van investeringen representeren. Deze drie perspectieven zijn het oplossen van de problemen vanuit (1) een integraal smart grid perspectief, (2) een centraal oplossend perspectief en (3) een conservatief perspectief.

In de aanpak van Hasnoot et al. zijn twee tijdsscenario's opgesteld op basis van de snelheid waarin het klimaat opwarmt en dus de waterhoogte in het betreffende stroomgebied van de rivier stijgt. De mondiale temperatuurstijging kan niet vertaald worden als factor voor plannen van elektriciteitsinfrastructuur. Voor dit onderzoek zijn daarom andere vervangende variabelen onderzocht. Aangezien het bereik van dit onderzoek de periode tussen 2018 en 2050 omvat is er eerst gekeken of tijd als variabele gebruikt kan worden. Hierbij is aangenomen dat de CO<sub>2</sub>-reductie doelen van 2050 gehaald gaan worden met elektriciteit die voornamelijk opgewekt wordt binnen de

landsgrenzen. De aanname dat de CO<sub>2</sub>-reductiedoelen gehaald gaan worden in 2050 bleek uit de analyse van deze variabele een belangrijke achterliggende waarde te zijn. Het hebben van een dynamisch plan is immers niet nodig wanneer er geen substantiële toename in de opwekking van duurzame elektriciteit plaats gaat vinden. De factor tijd is echter minder goed bruikbaar in vergelijking met watermanagement. Voor watermanagement is er op basis van voorspelling van klimaatverandering een verwachte stijging van het waterpeil over de tijd gemaakt. Hoewel Hasnoot et al. (2012b) schrijven dat deze variabele lastig meetbaar is doordat klimaatverandering een hoge natuurlijke variabiliteit kent, is de factor tijd voor het managen van een elektriciteitsnetwerk praktisch onbruikbaar. De snelheid van de groei van duurzame elektriciteitsopwekking valt niet te voorspellen door de grote tijdsperiode van dit onderzoek.

Er is daarom gekeken of de CO<sub>2</sub>-reductie behaald binnen de elektriciteitssector gebruikt kan worden als variabele. Dit bleek een vrij stabiele variabele te zijn wanneer er alleen gekeken wordt naar hernieuwbare bronnen. Wanneer er meer elektriciteit opgewekt wordt door wind en zon dan worden er meer netwerkproblemen verwacht. Doordat een CO<sub>2</sub>-reductie ook gehaald kan worden door elektriciteitsopwekking uit kernfusie en het verbranden van fossiele brandstoffen met CCS technieken bleek deze variabele echter onbruikbaar. Wanneer de volledige elektriciteitsproductie door het verbranden van fossiele brandstoffen waarbij de CO<sub>2</sub>-uitstoot afgevangen wordt dan zijn de doelen gehaald maar zijn geen extra aanpassingen voor het elektriciteitsnetwerk vereist. Om een goede variabele te vinden is daarom gekeken naar de kern van de verwachte problemen van het elektriciteitsnetwerk wanneer de CO<sub>2</sub>-reductie doelen gehaald gaan worden. Dit heeft al resultaat gehad dat de grootste problemen worden verwacht in de dagelijkse en de seizoensgebonden balans. Deze problemen worden veroorzaakt wanneer de omvang van decentrale niet-regelbare elektriciteitsopwekking toeneemt. Niet-regelbare CO<sub>2</sub>-neutrale elektriciteitsopwekking in centrale windmolenparken leveren problemen op voor de systeembalans en het plannen van nieuwe hoogspanningskabels vanaf de plek waar de kabel aan land komt. De verwachte explosieve kostentoeename voor het netwerk waar Netbeheer Nederland (2011) en Steenhuisen & De Bruijne (2014) over schrijven blijft echter beperkt. De werkelijke problemen ontstaan wanneer er een substantiële toename van de invoeding van zon-PV op het netwerk plaats gaat vinden (PBL & DNV-GL, 2014). Voor dit onderzoek is daarom gekozen om de focus op de opwekking vanuit zon-PV te leggen. Door de opkomst van kleine windturbines achter de meter bij boeren is gekozen om voor de volledigheid de gehele decentrale niet-regelbare elektriciteitsopwekking mee te nemen. De elektriciteit opgewekt door windturbines achter de meter veroorzaken dezelfde soort problemen voor het elektriciteitsnetwerk als opwekking door zon-PV. Voor dit onderzoek is uiteindelijk de omvang van het opgesteld decentraal vermogen uitgedrukt in GWp gekozen als variabele voor de DAPP map gekozen.

In het onderzoek van Hasnoot et al. zijn er tien mogelijke acties opgesteld die vervolgens zijn onderverdeeld in acties met betrekking tot de vraag naar water en acties met betrekking tot de waterlevering. De actie 'optimising current policy' laat zich voor het managen van een elektriciteitsnetwerk vertalen in de actie 'opwekking evenredig verdelen over het LS-net'. Deze actie is in feite het voortzetten van het huidige beleid maar dan geoptimaliseerd. Vooral de acties met betrekking tot de waterlevering in het plan van Hasnoot et al. zijn concreet door te rekenen en met de huidige stand van de technologie desgewenst ook direct uitvoerbaar. Het zijn maatregelen die

gebaseerd zijn op het verhogen en verlagen van de waterstand, een techniek die in Nederlands watermanagement al eeuwen wordt toegepast. De acties die voor het managen van een elektriciteitsnetwerk zijn onderzocht zijn overwegend nieuw en nog niet allemaal op een dergelijk schaalniveau toegepast. Voordat de twee acties met betrekking tot de opslag van elektriciteit economisch rendabel zijn, is er bijvoorbeeld eerst een prijsdaling in de kosten nodig. Een ander voorbeeld van een nog niet eerder bewezen actie is het stimuleren van de vraagsturing. Hiervoor is een flexibilisering van de elektriciteitsprijs van kleinverbruikers nodig. Dat is echter nog niet eerder op deze schaal uitgevoerd, wat precies de gevolgen en de waarde van flexibiliteit gaat worden is op voorhand moeilijk in te schatten (Appendix II, 15-11-2017). De acties voor het managen van een elektriciteitsnetwerk is meer strategisch en minder precies in te schatten dan de acties voor het managen van een waterstroom. Dit komt vooral door het grotere schaalniveau van het plan. In het onderzoek van Hasnoot et al. is voor het analytische gedeelte (het vaststellen van de sell-by dates en de pathways) gebruik gemaakt van kwalitatieve inschattingen gebaseerd op kennis van experts (Hasnoot et al., 2012b). Voor dit onderzoek zijn de resultaten van het PBL & DNV-GL (2014) rapport, aangevuld met de resultaten uit de andere secundaire en de data en beoordelingen uit de interviews met energie experts gebruikt om de beoordelingen van de acties te maken.

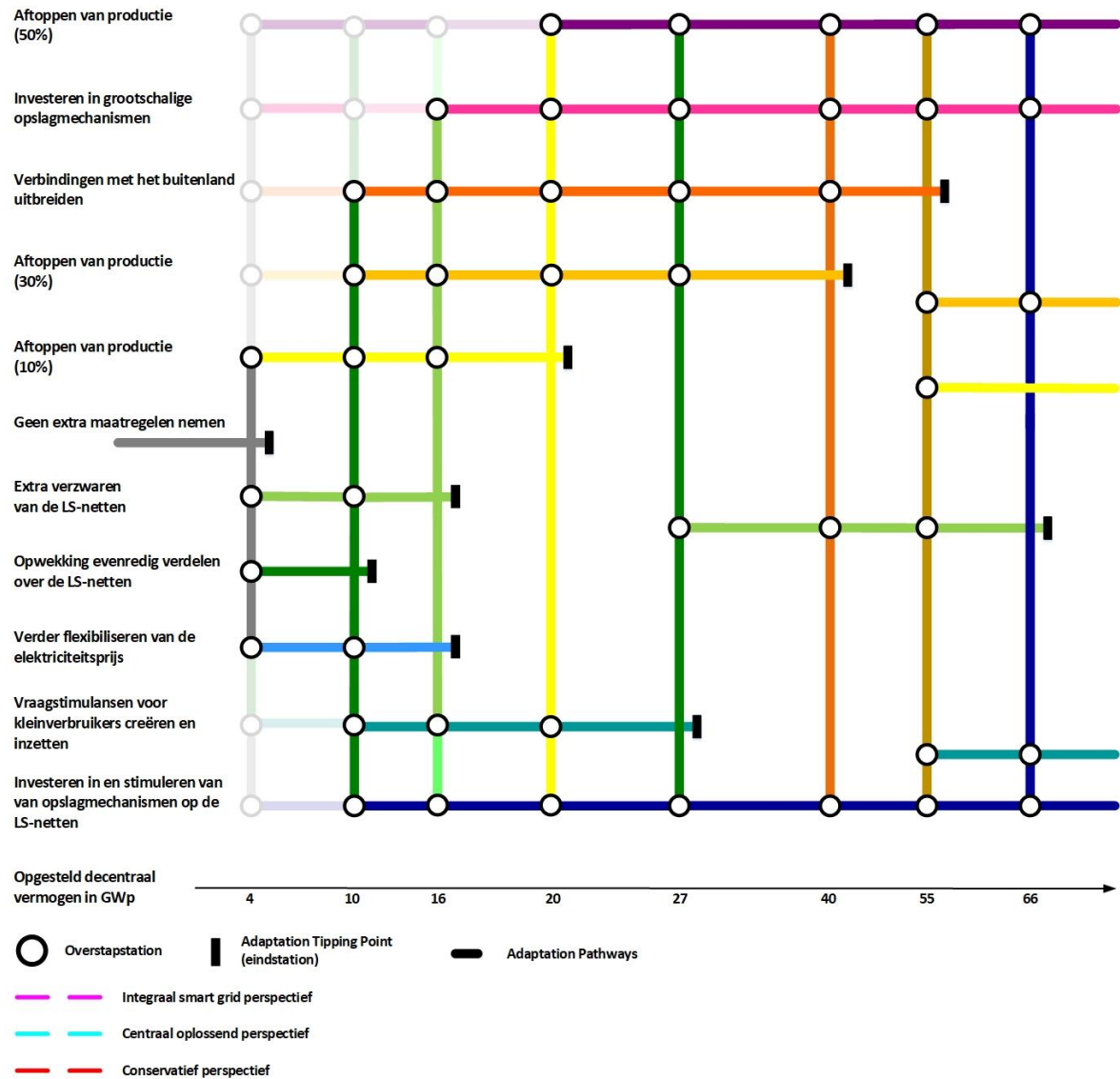
De triggers die aangeven dat de onvoorziene acties ingezet moeten worden en de signposts die aangeven dat het voortzetten van een bepaalde actie niet meer voldoende is om het doel van het plan te halen zijn in het plan van Hasnoot et al. (2012b) onderverdeeld in drie groepen. De eerste groep zijn trends en gebeurtenissen binnen het watersysteem, de tweede groep door mensen veroorzaakte veranderingen in het water systeem en de derde groep bestaat uit een verandering in de toekomstvoorspellingen, zoals de voorspelling van het tempo van klimaatverandering of die van de effectiviteit van bepaalde acties. Voor het managen van een elektriciteitsnetwerk is de eerste groep niet één op één toepasbaar. Deze kan vervangen worden door bijvoorbeeld 'weersomstandigheden & klimaateffecten'. Dit kunnen dan bijvoorbeeld technische ontwikkelingen van netwerktechnologieën of veranderingen in de elektriciteitsvraag als gevolg van klimaatverandering zijn. De tweede groep die over door mensen veroorzaakte veranderingen gaat, is beter te vertalen naar elektriciteitsmanagement. Veranderingen in gebruik van elektriciteit hebben invloed op de dag-nacht en de seizoensgebonden onbalans en dus ook op de urgentie van bepaalde acties. Een voorbeeld van een dergelijke maatschappelijke verandering is bijvoorbeeld het verder ontwikkelen van de 24-uurseconomie. Wanneer mensen meer 's nachts werken en leven dan levert dit meer problemen voor de dag-nacht onbalans. Een omgekeerd voorbeeld is het uitbreiden van het thuiswerken. Wanneer mensen overdag meer in hun huizen zijn wordt er op die momenten meer elektriciteit gebruikt waardoor de terugleverpiek minder groot wordt. Wanneer deze mensen een elektrische auto hebben die thuis blijft staan en gebruikt kan worden voor oplaaddoeleinden dan levert dit nog eens extra bij aan een kostenefficiënte oplossing. De derde groep, de veranderingen in de toekomstvoorspellingen, kan direct worden overgenomen.

#### 10.2.4 VOORBEELD VAN EEN MOGELIJKE DYNAMIC ADAPTIVE POLICY PATHWAY MAP VOOR HET NEDERLANDSE ELEKTRICITEITSNETWERK

Op basis van de informatie verzameld in deel B van dit onderzoek is in figuur 10-2 een voorbeeld te vinden van een mogelijke DAPP map voor het plannen van investeringen in het elektriciteitsnetwerk.

De case van de map is het Nederlandse elektriciteitsnetwerk en het bereik van het plan is bij benadering de periode 2018-2050.

Figuur 10-2: mogelijke DAPP metro map voor het plannen van investeringen in een elektriciteitsnetwerk (geïnspireerd op Hasnoot et al. 2012b).



### 10.3 PREFERRED PATHWAYS

Een van de sterke punten van de DAPP aanpak zijn de vooraf opgestelde preferred pathways. Voor deze studie zijn drie preferred pathways als suggestie voor de elektriciteitssector opgesteld. DE DAPP map met ingetekende pathways is terug te vinden in figuur 10-3.

#### PREFERRED PATHWAY 1: INTEGRAAL SMART GRID PERSPECTIEF

Dit scenario volgt de paarse lijnen. Eerst wordt de elektriciteitsprijs geflexibiliseerd zodat de acties 'vraagsturing' en 'lokale opslag' optimaal benut kunnen worden. Om ervoor te zorgen dat er zich tijdens het uitvoeren van deze acties geen problemen in het net zich voor gaan doen wordt er tegelijk ook afgetopt. Dit aftoppen gaat eerst tot maximaal 10% en wordt later opgehoogd tot maximaal 30%.

Door het creëren van vraagstimulansen voor kleinverbruikers kan er over worden gegaan op de relatief dure actie lokale opslag. Doordat het beleid actief gericht is op vraagsturing onder kleinverbruikers is het niet wenselijk om langer af te toppen. Wanneer het opgestelde vermogen toeneemt tot 27 GWp is het nodig om extra investeringen in de laagspanningsnetten te doen om de knelpunten in de gebieden waar de vraagsturende maatregel niet voldoende effect hebben te ontlasten. Wanneer er richting de 55 GWp wordt opgesteld gaat het toch weer nodig zijn om tot 30% af te toppen op de meest zonnige dagen. Het economische verlies hiervan is lager dan wanneer er ook wordt geïnvesteerd in bijvoorbeeld grootschalige opslag. De onderste paarse lijn gaat terug naar het creëren van vraagstimulansen. Met veel lokale opslagmechanismes kunnen vraagstimulansen voor de lange termijn gebruikt worden om de seizoensgebonden onbalans op te lossen.

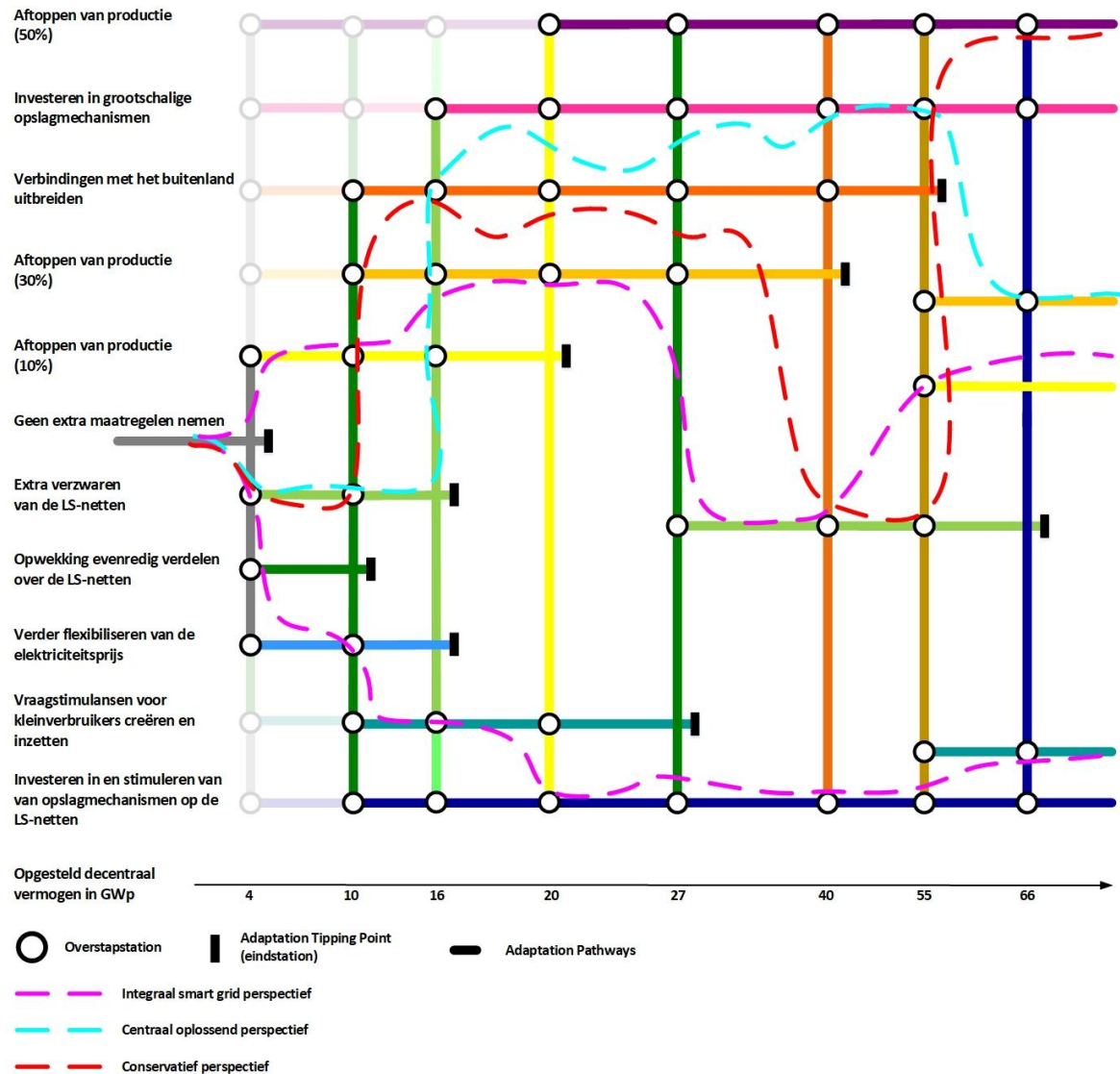
### PREFERRED PATHWAY 2: CENTRAAL OPLOSSEND PERSPECTIEF

Dit perspectief stelt een pathway voor waarin de focus ligt op het bieden van oplossingen die vooral bij de netbeheerders liggen. Voor dit perspectief moeten eerst de netten verzwared worden zodat er genoeg capaciteit is om terug te leveren. Daarna wordt er voornamelijk geïnvesteerd in verbindingen met het buitenland om zo één grote elektriciteitsmarkt te creëren. Door het investeren en het inpassen van grootschalige opslagfaciliteiten in combinatie met de uitgebreide markt kan er met marktwerking binnen het huidige marktsysteem ingespeeld worden op de te verwachte fluctuaties. Wanneer het opgestelde vermogen richting de 55 GWp gaat wordt het weer economisch rendabeler om tot 30% af te toppen. Deze pathway is in blauw weergegeven.

### PREFERRED PATHWAY 3: CONSERVATIEF PERSPECTIEF

Het conservatief perspectief, in rood, gaat uit van een reactionair beleid dat zo min mogelijk ingrijpende aanpassingen in het elektriciteitsnetwerk vraagt. In het begin worden de verwachte problemen opgelost door de LS-netten extra te verzwaren waar het nodig blijkt. Zodra er meer dan 10 GWp is opgesteld is het belangrijk dat er een actie gekozen gaat worden. De momenten van ondercapaciteit worden opgevangen door verbindingen met het buitenland uit te breiden en meer te gaan importeren wanneer dit nodig is. Dit brengt risico's met zich mee, het kan namelijk voorkomen dat er in het buitenland op hetzelfde moment ook meer vraag dan aanbod is. Door in te zetten op een beleid van actief tot 30% af te toppen worden de momenten van overcapaciteit opgevangen. Dit maakt het scenario relatief kwetsbaar door de grote afhankelijkheid van wat er in de rest van Europa gebeurt zonder dat er een nationale opslagcapaciteit is. Wanneer het opgestelde vermogen verder toeneemt zijn er additionele verzwaringen in het LS-net nodig. Deze pathway is in verhouding met andere pathways tot 40 GWp relatief betaalbaar. Doordat er geen gebruik gemaakt wordt van smart grid of grootschalige opslagcapaciteiten is het na 55 GWp alleen nog mogelijk om tot 50% de productie af te toppen. Hierdoor komt de betaalbaarheid alsnog onder druk te staan.

Figuur 10-3: de DAPP map voor het plannen van investeringen om het Nederlandse elektriciteitsnetwerk betrouwbaar en betaalbaar te houden tussen 2018 & 2050 met de preferred pathways (geïnspireerd op Hasnoot et al. 2012b).



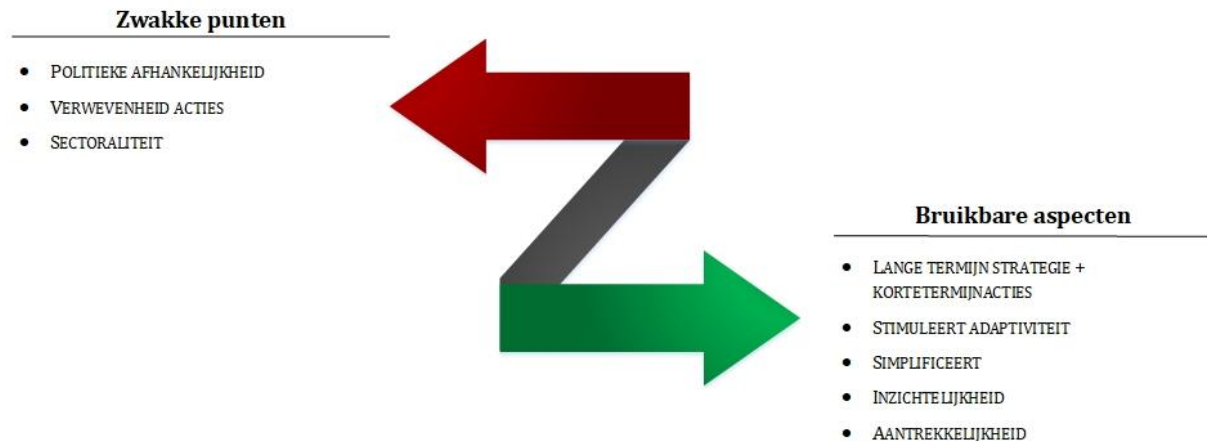
## 10.4 ONVOORZIENE ACTIES

Voor deze studie is het onderzocht of het mogelijk is om onvoorziene acties op te stellen voor een DAPP plan voor een elektriciteitsnetwerk. Dit is mogelijk gebleken. Een voorbeeld van een onvoorziene actie voor het managen van een elektriciteitsnetwerk is bijvoorbeeld het stimuleren van elektrisch rijden wanneer uit de signposts blijkt dat er niet genoeg accu-capaciteit op het laagspanningsnetwerk beschikbaar is door bijvoorbeeld een lagere dan verwachte kostendaling van batterijtechnologie. Als de overheid in deze case maatregelen neemt die de aanschaf van volledig elektrische voertuigen stimuleert dan neemt het aantal beschikbare accu's in het laagspanningsnetwerk toe waardoor de actie toch zijn doelen kan behalen.

## 10.5 POTENTIE VAN DE DAPP AANPAK VOOR ELEKTRICITEITSNETWERK MANAGEMENT

Door de aanpak direct uit te testen op een bestaande case zijn de sterke en zwakke kanten van deze aanpak naar voren gekomen. Een overzicht van het gebruiken van de DAPP aanpak voor elektriciteitsnetwerk management is te vinden in figuur 10-4 en wordt verder uitgewerkt in de volgende subparagraaf.

Figuur 10-4: de bruikbare aspecten en de zwakke punten van het gebruiken van de dynamic adaptive policy pathway aanpak voor elektriciteitsnetwerk management.



#### 10.5.1 ZWAKKE PUNTEN VAN DE DAPP AANPAK

In de DAPP metro map lijkt het alsof er zeer gemakkelijk geschakeld kan worden tussen acties. In de elektriciteitssector die veel verschillende actoren en een zeer verspreid gezag kent, is het kiezen van een actie deels ook een politiek proces. Voor vraagstimulansen, het evenredig verdelen van de productie over het LS-net en het gebruik van accu's uit voertuigen voor netwerkdoeleinden zijn politieke besluiten nodig. Uit het literatuuronderzoek is naar voren gekomen dat de Nederlandse overheid door de shift in governance slechts zeer beperkt directe sturing geeft aan de Nederlandse energiesector. Hoewel de DAPP aanpak bijdraagt aan kiezen tussen investeringsbeslissingen, ligt bij de uitvoer van de beslissingen het gevaar dat politieke besluiteloosheid nog steeds een belemmering voor het betrouwbaar en betaalbaar houden van het elektriciteitsnetwerk kan vormen.

In de DAPP map lijkt het alsof het niet mogelijk is om meerdere acties simultaan te nemen. Dit is een algemeen zwaktepunt van de representatievorm van de DAPP aanpak. Voor dit onderzoek is geprobeerd dit issue te ondervangen door voor één preferred pathways twee lijnen in te tekenen. Toch komt het gevoelsmatig over alsof dit niet kan, omdat het een metro map is, en een persoon maar in één metrolijn tegelijkertijd kan zitten. Bij watermanagement heb je één groot probleem (de hoeveelheid water) waartegen steeds acties genomen worden die het achterliggende probleem van het stijgende waterspiegel ontlasten. In het managen van een elektriciteitsnetwerk zijn de acties mogelijk nog meer met elkaar verbonden. Voor een optimale werking van het smart grid zijn lokale opslagfaciliteiten en de flexibilisering van de elektriciteitsprijs nodig. Daarnaast is het lokaal verzwaren van het netwerk ongeacht de andere oplossing nog steeds lokaal her en der nodig. Dit vormt een zwak punt van de visualisatie.

De DAPP aanpak is voor het managen van het elektriciteitsnetwerk al aanzienlijk uitgebreid en complex. De energietransitie zoals deze is vastgesteld met het transitie management model beperkt

zich echter niet tot alleen de sector elektriciteit. De sector elektriciteit wordt namelijk in toenemende mate beïnvloed door ontwikkelingen vanuit warmte en transport. Deze in het plan meenemen maakt het plan mogelijk robuuster. Het zorgt er echter ook voor dat het plan minder overzichtelijk en onduidelijk wordt.

---

#### 10.5.2 BRUIKBARE ASPECTEN VAN DE DAPP AANPAK

De Nederlandse elektriciteitssector staat een periode van onzekerheid en turbulente ontwikkelingen chaos en turbulentie te wachten doordat de sector in de beginfase van een transitie zit. Netbeheerders maken onder andere gebruik van een strategisch asset management plan om zo hun investeringen te kunnen plannen. Op basis van verschillende scenario's die elke twee jaar herijkt worden stelt Enexis bijvoorbeeld bandbreedtes van de ontwikkelingen van bepaalde trends vast. Binnen die bandbreedtes kiezen zij een horizon waar ze naartoe plannen en op basis daarvan maken ze de investeringsbeslissingen. Deze plannen zijn steeds voor periodes van 8 jaar (Appendix II, 15-11-2017). Bij Liander worden soortgelijke scenario's voor de ontwikkeling van duurzame elektriciteitsbronnen opgesteld. Zij maken deze scenario's tot aan 2030. Uit het interview met de heer Bongaerts werd als kritische kanttekening op deze scenario's het lineaire karakter hiervan genoemd. Met een lineair karakter bedoelt hij dat scenario's vaak worden opgesteld met een rechte lijnige groeicurve van het aantal zonnepanelen. Hij gaf aan te denken dat de groei van zonnepanelen exponentieel kan gaan toenemen in de toekomst. Dit kan tot een grotere groei van zonnepanelen leiden dan waar nu rekening mee gehouden wordt (Appendix IV, 20-12-2017). De DAPP aanpak vraagt mogelijk meer werk en is mogelijk nog complexer dan op scenariostrategie gebaseerde impact analyses. Aan de andere kant is het de ervaring dat plannen veranderen gedurende de tijd en dat een adaptieve strategie zoals de DAPP aanpak een bijdrage levert aan het maken van een plan voor een onzekere toekomst (Hasnoot et al., 2012b). Voor beslissingmakers in de sector elektriciteit kan de DAPP aanpak een houvast bieden omdat het een langetermijnvisie combineert met acties die op de korte termijn genomen kunnen worden. De aanpak geeft inzicht in welke beslissingsmogelijkheden er zijn, wanneer het beste moment is om een beslissing te maken en hoe lang een bepaalde beslissing uitgesteld kan worden (Hasnoot et al., 2012b). Door de houvast die de DAPP aanpak biedt kunnen netbeheerders met deze aanpak toch investeringsbeslissingen maken om het elektriciteitsnetwerk betrouwbaar en betaalbaar te houden ondanks de verwachte turbulentie en de onzekerheid.

De DAPP aanpak stimuleert planners voor elektriciteitsnetwerken om adaptiviteit in hun plannen te verwerken. Dit is nodig omdat vast is gesteld dat netbeheerders met het netbeheerdersdilemma worstelen en er een grote mate van onzekerheid over de toekomstige ontwikkelingen binnen de energie sector heerst. De DAPP aanpak biedt een meerwaarde doordat planners bewust stil staan bij welke acties er nu genomen moeten worden, welke acties kunnen worden uitgesteld en welke acties nodig zijn om opties open te houden. Doordat de individuele acties onderdeel uitmaken van een groter geheel wordt er minder op ad-hocbasis besluiten genomen. Daarnaast helpt het monitoringssysteem met de vooraf ingestelde triggers om het plan richting zijn doelen te houden (Hasnoot et al. 2012b).

De meeste dynamisch adaptieve aanpakken maken geen gebruik van visualisaties (zie Kwakkel et al., 2010a; Wall et al. 2015). De DAPP map visualiseert in één oogopslag het pallet van mogelijke acties die



genomen kunnen worden. Dit simplificeert de problemen binnen een sector die door de energietransitie veel in het belang staat maar waar in de maatschappij weinig over bekend is. Hierdoor wordt de maatschappelijke discussie voor een groter publiek toegankelijk gemaakt.

De DAPP metro map geeft in combinatie met de scorekaarten een helder overzicht van de impact van investeringen in het elektriciteitsnetwerk. Dit helpt bij aan het bewust maken van de problemen en mogelijke oplossingen die voor deze problemen te vinden zijn binnen de elektriciteitssector. Daarnaast maakt het duidelijk wanneer acties het meest effectief zijn en daardoor het beste in kunnen worden gezet.

Vanuit de transitie management theorie is vastgesteld dat het verduurzamen van het mesoniveau moeizaam verloopt. De dynamiek van de transitie wordt bepaald in het bedrijfsleven en door burgers terwijl de nationale regering volgt. Voor het maken van investeringsbeslissingen in het elektriciteitsnetwerk is de regering in sommige gevallen van belang. Dit komt doordat het huidige wettelijke takenpakket op dit moment geen duidelijk kader stelt voor netbeheerders hoe zij verschillende belangen dienen af te wegen. Een hulpmiddel om de aandacht van hooggeplaatste ambtenaren te trekken en zo het belang van de sector te kunnen benadrukken is welkom. Doordat de pathway map een gesimplificeerde weergave van de werkelijkheid weergeeft, kan deze goed gebruikt worden voor overleg met hooggeplaatste beslissingmakers. De visualisatie van de pathways wordt door beslissingmakers als aantrekkelijk gezien en trekt hierdoor de aandacht (Hasnoot et al., 2012b). Het intekenen van de preferred pathway maakt het plan in combinatie met een uitgebreider achtergrondrapport zowel interpreteerbaar als uitgebreid.

## 11 AFSLUITING

### 11.1 CONCLUSIE

De Nederlandse maatschappij wordt in toenemende mate complexer, wat ertoe leidt dat er meer persistente problemen ontstaan die daarnaast steeds moeilijker op te lossen zijn. De overheid heeft een shift in governance doorgemaakt waardoor de directe overheidssturing is afgenomen. De energiesector heeft een golf van liberalisering en privatiseringen doorgemaakt. Hierdoor is de sector veranderd naar een netwerk van onderling sterk verweven actoren met soms conflicterende belangen. Door de energietransitie die gaande is wordt er een toename in de hoeveelheid hernieuwbaar opgewekte elektriciteit verwacht. Dit kan problemen gaan opleveren voor het traditioneel top-down ingerichte Nederlandse elektriciteitsnetwerk. In deze studie is onderzocht of de planologische DAPP aanpak kan bijdragen aan het oplossen van deze problemen.

Het mesoniveau in het Nederlandse elektriciteitslandschap bestaat uit de rijksoverheid, het fossiele brandstoffenindustrie en de technische inrichting van de huidige infrastructuur. Gezamenlijk vertegenwoordigen zij het huidige fossiele regime. Door de verankering van internationale klimaatafspraken in wetgevingen worden zij van bovenaf onder druk gezet om te verduurzamen. Daarnaast worden hernieuwbare elektriciteitsbronnen steeds goedkoper waardoor deze in toenemende mate op het huidige elektriciteitsnetwerk worden aangesloten. Het gebrek aan potentieel om waterkracht en biomassa op te wekken heeft een remmende werking op het verduurzamen van het huidige regime. Op het microniveau vinden er talloze duurzame experimenten plaats, willen particulieren in toenemende mate autonoom duurzame elektriciteit opwekken en neemt het aantal duurzame coöperaties en bedrijven toe. Ondanks het gebrek aan sociale en culturele innovatie en een duidelijke strategie om op te schalen, zorgt dit ervoor dat er een trend van verduurzaming plaats vindt en het regime moet reageren op de ontwikkelingen om te voorkomen dat er congestie op het elektriciteitsnetwerk plaats gaat vinden. Met het multi-fase concept is vastgesteld hoever de transitie in de Nederlandse elektriciteitssector is gevorderd. De Nederlandse elektriciteitssector zit op het kantelpunt van een transitie. Wanneer de transitie doorzet gaat dit tot een chaotische en onvoorspelbare toename van hernieuwbare elektriciteitsproductie leiden.

Ongeacht welke elektriciteitsbron leidend gaat worden, heeft de Nederlandse overheid een CO<sub>2</sub>-reductiedoel van 80-95% in 2050 ten opzichte van de uitstoot in 1990 waar zij aan moet voldoen. Fossiele brandstoffenverbranding met CCS, windenergie en zon-PV vormen de meest potentieel realistische CO<sub>2</sub>-neutrale bronnen tot 2050. De energietransitie leidt tot een directe stimulans in de hoeveelheid hernieuwbaar opgewekte elektriciteit dat ingevoed gaat worden op het netwerk. Netbeheerders hebben de wettelijke taak hun netten betrouwbaar en betaalbaar te houden tijdens deze transitie. Zij schatten trends de elektriciteitsvraag en -aanbod in zodat zij tijdig kunnen investeren zonder maatschappelijk geld te verspillen. De shift in governance en de liberalisering van de energiesector hebben voor een afname van zekerheid over de snelheid en richting van de veranderingen binnen de sector gezorgd. Hier verkeren netbeheerders in onzekerheid over de vraag of zij direct moeten investeren om het netwerk betrouwbaar te houden en de energietransitie te faciliteren of af moeten wachten om zo kosten te besparen. Dit probleem staat bekend als het 'netbeheerdersdilemma'.

Deze onzekerheid had beperkt kunnen worden door het project EnergieTransitie. Uit de analyse van dit project blijkt echter dat het huidige fossiele brandstoffenregime probeert de energietransitie in de richting te sturen die zij als wenselijk beschouwen. Actoren uit het huidige regime zijn zo sterk vertegenwoordigd in het project dat zij hun eigen belangen kunnen verdedigen, wat een remmende werking heeft. Er ontbreekt daarnaast een aangewezen transitie-manager en ook het opschalen van experimenten gebeurt maar zeer beperkt. Het project had in plaats van de centrale overheid de grote lijnen en de snelheid van de Nederlandse energietransitie kunnen gaan bepalen maar dit is niet gebeurd. Netbeheerders verkeren hierdoor nog steeds in onzekerheid.

Om tot een gefundeerd antwoord op de hoofdvraag te kunnen komen is in deze studie onderzocht wat de gevolgen van CO<sub>2</sub>-neutrale bronnen op het elektriciteitsnetwerk zijn. Fossiele brandstofverbranding met CCS levert geen complexiteit voor het elektriciteitsnetwerk op. Met wind op zee kunnen vraagstukken met betrekking tot de systeembalans ontstaan. Door het centrale en relatief goed inschatbare karakter van windmolenparken op zee is een dynamisch adaptieve aanpak echter overbodig. Het is voornamelijk van belang voorbereid te zijn op een groei van decentrale niet-regelbare elektriciteitsopwekking die naar verwachting vooral uit zon-PV gaat komen. De verwachte problemen zijn te vinden in de seizoensgebonden systeembalans, de dag-nacht energie-balans en spannings- en netkwaliteit. Als uitgangspunt voor de DAPP aanpak is daarom gekozen voor de doelstelling: 'Het betrouwbaar en betaalbaar houden van het Nederlandse elektriciteitsnetwerk wanneer er in toenemende mate decentrale niet-regelbare elektriciteit op het net gaat worden ingevoerd.'

Uit de analyse van de bevindingen is naar voren gekomen dat de DAPP aanpak gebruikt kan worden voor het managen van een elektriciteitsnetwerk. De aanpak kan echter niet één op één zoals die voor watermanagement ontworpen is gebruikt worden. Het uitgangspunt van het plan, het toekomstbeeld, de preferred pathways en het beoordelen van de acties dienen te worden vertaald naar onderwerpen die in elektriciteitsnetwerkmanagement actueel zijn. De variabele is caseafhankelijk bevonden. Voor dit onderzoek bleek het opgesteld decentraal vermogen in GWp het meest relevant te zijn. Ondanks deze aanpassingen kent de DAPP aanpak een aantal punten van kritiek wanneer deze gebruikt wordt in de sector elektriciteit. De mogelijke acties voor de sector elektriciteit zijn zeer politiek van aard. Hierdoor wordt de adaptiviteit van het plan beperkt doordat het nemen van sommige acties mogelijk door onwil of onkunde niet uitvoerbaar is. De acties die genomen kunnen worden voor een geheel elektriciteitsnetwerk zijn daarnaast sterk verweven met elkaar. Hierdoor kunnen in de praktijk meerdere acties tegelijk en onafhankelijk van elkaar genomen worden. Tot slot wordt door het schrijven van een plan voor enkel het elektriciteitsnetwerk de sectoren warmte en transportsector onderbelicht. In deze sectoren liggen kansen die problemen voor het elektriciteitsnetwerk zouden kunnen oplossen. Wat één van de meest bruikbare aspecten van de aanpak vormt is de houvast die de aanpak creëert doordat het een langetermijnvisie combineert met acties die op de korte termijn genomen kunnen worden. De aanpak stimuleert daarnaast om ver vooruit te kijken en op een adaptieve manier plannen te maken voor de toekomst. De visualisatie in de vorm van een metro map biedt kansen om de problemen en mogelijke oplossingen binnen de elektriciteitssector op de kaart te zetten. De aanpak geeft een overzicht van de impact en de meest efficiënte timing van de acties. Met de metro map wordt de aandacht getrokken en de scorekaarten geven inzicht in de verhouding tussen de acties. Hierdoor wordt een sector die veel in de belangstelling staat, maar waar in de maatschappij

weinig over bekend is, voor een groot publiek beschikbaar. De metro map kan tot slot van waarde zijn bij overleg met (hooggeplaatste) ambtenaren doordat het een simplificatie en makkelijker interpreteerbare weergave biedt van een complex plan.

Het domein energie is jarenlang onderbelicht geweest in de planologische literatuur. In deel A van dit onderzoek is de sector elektriciteit in kaart gebracht waarbij de huidige kenmerken, kwetsbaarheden en kansen voor de infrastructuur van het netwerk zijn beschreven. Binnen de planologie is er relatief weinig gepubliceerd over dit onderwerp waardoor deze studie een bijdrage levert aan de kennis over de elektriciteitssector vanuit het planologische perspectief. Het theoretisch kader van dit onderzoek vormt een bijdrage aan het planologische werkveld doordat het een verbinding maakt tussen bestuurskundige theorieën, problemen in het werkveld van netbeheerders en een planologische aanpak. Dit is concreet gedaan door de theorie over de shift in governance en de transitie management theorie te gebruiken om de elektriciteitssector in kaart te brengen. Vervolgens is er gezocht naar een manier om het geconstateerde netbeheerdersdilemma aan te pakken met hulp van de planologische dynamic adaptive policy pathway aanpak. Deze aanpak is relatief nieuw en slechts enkele keren uitgetest, maar nog niet binnen het domein energie. Steenhuijsen en De Bruijn (2014) geven aan dat netbeheerders worstelen met het maken van investeringsbeslissingen vanwege de hoge onzekerheid over de toekomst. In de gesprekken met de netbeheerders en de branchevereniging kwam zijdelings naar voren dat de huidige methode van op scenario gebaseerde planning zijn keerzijdes kent en dat zij ontvankelijk zijn voor nieuwe aanpakken. Door deze aanpak verder uit te testen en te verfijnen kan de aanpak gebruikt worden om op sectoraal/brancheniveau een langetermijnstrategie te maken die tevens helpt bij het maken van beslissingen op de korte termijn. Dankzij deze studie is de DAPP aanpak voor het eerst uitgetest in elektriciteitsnetwerkmanagement en doordat de aanpak als bruikbaar bevonden is kan er dankzij dit onderzoek verder onderzoek naar deze aanpak in de sector gedaan worden.

## 11.2 REFLECTIE

### 11.2.1 REFLECTIE OP DE RESULTATEN

Het nemen van acties op het schaalniveau van het gehele Nederlandse elektriciteitsnetwerk is complex door de verwevenheid van een omvangrijke groep actoren met uiteenlopende belangen. Eindgebruikers willen zo min mogelijk kosten maken voor een elektriciteitsnetwerk dat te allen tijde kan leveren. Wanneer de netwerkkosten te veel stijgen dan vormt dit een onderwerp van discussie in de maatschappij en in de politiek. De investeringen die netbeheerders maken, kosten in de meeste gevallen extra geld in de aanvang, wat later weer terugverdiend wordt door een besparing. Deze besparing kan behaald worden doordat het extra verzwaren van de laagspanningsnetten zodra de investering niet meer nodig is. De beslissing welke actie op welk moment wordt ingezet, zou in het ideale geval daarom door een instantie genomen moeten worden die in belang van het gehele elektriciteitssysteem handelt. Doordat netbeheerders volledig eigendom zijn van de overheden kan deze sturing in het huidige systeem alleen binnen de publiek sector gevonden worden. Beter zou het zijn dat het een branchevereniging of andersoortig overkoepelende organisatie van netbeheerders is die de regie over het uit te voeren plan heeft. Door de huidige situatie waarin de branchevereniging een overlegorgaan is en de nationale overheid slechts in zeer beperkte gevallen directe bijstuurt, is er

geen orgaan dat de beslissingen tussen investeringen kan nemen voor het gehele elektriciteitsnetwerk. Hoewel de DAPP aanpak bruikbaar is bevonden voor het managen van een elektriciteitsnetwerk is het hierdoor de vraag of de aanpak in de Nederlandse praktijk daadwerkelijk gaat functioneren. Dit kan door een vervolgonderzoek vastgesteld worden.

Een ander probleem van het gekozen schaalniveau is de abstractheid en de gebrekkige kennis over de precieze impact van de mogelijke acties. In de case van Hasnoot et al. (2012b) zijn in het vooronderzoek gedaan door Hasnoot et al. (2012a) verschillende berekeningen en inschattingen gemaakt van de acties. Hoewel voor dit onderzoek geen computermodel gebruikt is, zijn er vraagtekens te plaatsen bij de mogelijkheid van het doorrekenen van maatregelen op een dergelijke schaal binnen de sector elektriciteit. Hoe kunnen de gevolgen van het flexibiliseren van de elektriciteitsprijs voor kleinverbruikers ingeschat worden? Hoe kan vastgesteld worden wanneer je het beste kunt investeren in verbindingen met het buitenland? Welke data of wat voor model kan gebruikt worden om in te schatten hoeveel accu's uit elektrische auto's richting 2050 beschikbaar zijn om op te laden overdag? Met deze kennis had het onderzoek achteraf gezien wellicht beter eerst uitgevoerd kunnen worden op een minder grote case. In de provincie Groningen hebben huishoudens met schade door aardbevingen een financiële bijdrage van de NAM gekregen om energiebesparende of opwekkende maatregelen zoals de aanschaf van zonnepanelen te nemen. Dit heeft in tot een dusdanige toename van de aanschaf van zonnepanelen in de regio geleid dat er op een aantal momenten een te hoge netspanning voorkwam waardoor zonne-installaties afgeschakeld werden (NOS, 2016). Hoewel de omvang van de case beperkt is moet netbeheerder Enexis kiezen tussen een deel van dezelfde acties die ook in deze studie onderzocht zijn om het netwerk betrouwbaar en betaalbaar te houden. Hierdoor vormt de situatie in Groningen een potentieel waardevolle case voor het testen van de DAPP aanpak op een kleiner schaalniveau.

De resultaten van het vooronderzoek komen overwegend overeen met wat de energie-experts in hun interviews verteld hebben. De inschattingen die gemaakt zijn voor het maken van de DAPP aanpak in dit onderzoek zouden in een vervolgonderzoek preciezer gemaakt kunnen worden.

Het bereik van dit onderzoek heeft zich vanwege tijd en middelen beperkt tot het elektriciteitsnetwerk met een focus op de gevolgen van een toename van het decentrale niet-regelbare vermogen. De scheidslijnen tussen verschillende energiedomeinen worden echter steeds vager. Uit het interview met de heer Roovers kwam bijvoorbeeld naar voren dat toepassingen vanuit het gebruik van waterstof als back-up voor de piekvraag van warmtepompen als een realistische oplossing voor piekmoment in de elektriciteitsvraag van de toekomst kan vormen (Appendix III, 17-11-2017). Doordat de DAPP aanpak in dit onderzoek is toegespitst op het oplossen van de problemen die voortkomen uit de toename in decentraal niet-regelbaar vermogen worden de problemen die worden veroorzaakt door de elektriciteit opgewekt in windmolenparken op zee onderbelicht.

---

### 11.2.2 REFLECTIE OP HET PROCES

Voor het onderzoek is gekozen om met de onderzoeksstrategie dicht bij de opzet van de DAPP aanpak van Hasnoot et al. (2012b) te blijven. In het artikel van Hasnoot et al. (2012b) worden de resultaten besproken van een test van de DAPP aanpak op een fictieve watermanagementcase. Het vooronderzoek is echter in een aantal publicaties voorafgaand aan het artikel uitgevoerd. Dit

onderzoek omvat zowel een inventarisatie van de Nederlandse elektriciteitssector (deel A) als een test van de aanpak (deel B) en een verslag van de resultaten hiervan (deel C). Het inventariseren van de elektriciteitssector was een omvangrijkere taak dan vooraf was ingeschat. Voor het testen van de DAPP aanpak is veel onderzochte informatie overbodig gebleken waardoor er tijd is geïnvesteerd in het doen onderzoeken van materie die niet in de uiteindelijke versie van de studie zijn gekomen. Het was gepland om het onderzoek in een tijdspanne van een geheel studiejaar te doen, omdat er is gekozen om de scriptie in deeltijd te doen naast een parttime baan. Ondanks het vooraf ingecalculerde uitstel door de combinatie van werk en studie, heeft deel A meer tijd in beslag genomen dan vooraf gecalculerd.

Voor dit onderzoek is gekozen om een conceptueel model te maken en deze toe te passen naast de onderzoeksmethode voor het uitvoeren van de DAPP aanpak zoals deze door Hasnoot et al. (2012b) is opgesteld. Er is gekozen om de stappen uit de DAPP aanpak als strategie te gebruiken en daarnaast een conceptueel model te maken die de theorieën aan de trends in het werkveld te koppelt. Hoewel het conceptueel model in zijn functie van het blootleggen van relaties zijn werk goed doet, zijn de stappen uit de DAPP aanpak het grotere geheel van deze studie enigszins gaan overheersen. Dit had voorkomen kunnen worden door wellicht de stappen uit de DAPP aanpak te verwerken in het conceptueel model om er op deze wijze één geheel van te maken.

De energiesector is een dynamische sector. Daardoor zijn er tijdens het schrijven van het onderzoek rapporten en onderzoeken gepubliceerd die omwille van het kunnen afronden van de scriptie niet mee genomen konden worden. Een voorbeeld hiervan is het nieuwste rapport van Netbeheer Nederland. Door een interview met de heer Roovers, de initiatiefnemer van dit rapport, af te nemen zijn een aantal actuele visies vanuit de branchevereniging uiteindelijk toch in het onderzoek meegenomen.

Het doel van het afnemen van de interviews was om de data te valideren en aan te vullen door de ontwikkelingen in de sector en het onderzoek door te spreken. Deze experts zijn gezocht bij de Nederlandse netbeheerders, de branchevereniging van netbeheerders en het ministerie van Economische Zaken. Het benaderen van deze vakmensen is per e-mail en in het geval van het ministerie via een webformulier gebeurd. Enexis en de branchevereniging hebben direct op het verzoek gereageerd. Met Liander is uiteindelijk een afspraak gemaakt via een recruiter die is ontmoet op een geografische beurs. Het spreken met een energie-expert die werkzaam is bij de branchevereniging gaf een kijk op de sector vanuit een groter schaalperspectief. Dit komt omdat bij de netbeheerders de focus met name op de eigen netwerken ligt. Voor het onderzoek zou het daarom een aanvulling geweest zijn om met een expert werkzaam bij TenneT of het ministerie gesproken te kunnen hebben. TenneT is via meerdere kanalen benaderd maar het is uiteindelijk niet gelukt om tot een afspraak voor een interview te komen. Het ministerie beantwoordt vragen alleen per schriftelijk, wat voor de methode van dataverzameling geen meerwaarde vormt.

### 11.3 AANBEVELINGEN

- Het Nederlandse energiesysteem zit in de kantelfase van een transitie. Het is zeer realistisch dat er door ontwikkelingen een verschuiving gaat plaatsvinden in hoe elektriciteit opgewekt gaat worden. Om te voorkomen dat dit problemen voor de betrouwbaarheid en de

betaalbaarheid van het elektriciteitsnetwerk gaat opleveren moeten er acties ondernomen worden;

- De meeste problemen worden verwacht wanneer de invoeding van elektriciteit opgewekt uit zon-PV gaat toenemen. Door de onvoorspelbaarheid van de snelheid, spreiding en omvang waarmee de hoeveel elektriciteit opgewekt met zon-PV gaat toenemen wordt het aanbevolen om adaptiviteit mee te nemen in het plannen van investeringsbeslissingen in het elektriciteitsnetwerk;
- De DAPP aanpak is na een aantal aanpassingen te gebruiken voor elektriciteitsnetwerkmanagement. Verder onderzoek hoe de overige stappen uit de aanpak toegespitst kunnen worden op elektriciteitsnetwerkmanagement is daarom aanbevolen;
- Wanneer de DAPP aanpak voor elektriciteitsnetwerkmanagement gebruikt wordt dan is het van belang dat er een computermodel wordt ontwikkeld dat een doorrekening van verschillende acties op verschillende toekomstbeelden kan maken. Dit simulatiemodel zou bijvoorbeeld een doorrekening van de verschillende acties op de dag-nacht en seizoensgebonden onbalans kunnen maken. Dit draagt bij aan een hogere betrouwbaarheid en een betere inschatting van de timing van de acties;
- Het Nederlandse elektriciteitsnetwerk is geïntegreerd maar het beheer van het netwerk is verdeeld over een aantal verschillende bedrijven. Het merendeel van de acties vraagt een inzet op het gehele schaalniveau van het elektriciteitsnetwerk. Daarom is het nodig dat één partij een centrale rol naar zich toetrekt en de regie op zich neemt voor het opstellen en uitvoeren van het plan;
- De DAPP aanpak is wellicht slagvaardiger op een kleiner schaalniveau dan de in deze studie geteste case van het gehele Nederlandse elektriciteitsnetwerk. Een vervolgonderzoek waarin de DAPP aanpak getest wordt voor het oplossen van de problemen die ontstaan in bijvoorbeeld een case zoals het aardbevingsgebied in de provincie Groningen is daarom aanbevolen;
- Tot slot kwam uit de interviews naar voren dat het vanuit planologisch oogpunt erg complex is om een kabel die uit zee komt aan te sluiten op het HS-net. Dit heeft voornamelijk te maken met het doorkruisen van beschermde cultuurlandschappen en benodigde aanpassingen in bestemmingsplannen. Het wordt aanbevolen hier verder onderzoek naar te doen.

## REFERENTIES

- Albrechts, L. (2004). Strategic (spatial) planning reexamined. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(5), 743–758.
- Bekhet, A. K. & Zauszniewski, J. A. (2012). Methodological triangulation: an approach to understanding data. *Nurse researcher*, 20(2), 40-43.
- Bosman, R., Avelino, F., Hagroe, S., Loorbach, D., Diercks, G., Verschuur, G. & van der Heijden, J. (2013). *Energielente op komst. De onmacht van bottom-up en top-down in de energietransitie* [Essay]. Geraadpleegd via [https://drift.eur.nl/wp-content/uploads/2017/03/20131011bosman\\_et\\_al\\_energielente\\_op\\_komst\\_drift\\_essay.pdf](https://drift.eur.nl/wp-content/uploads/2017/03/20131011bosman_et_al_energielente_op_komst_drift_essay.pdf)
- Boyd, E. & Folke, C. (Eds.) (2011). *Adapting institutions: Governance, complexity and social-ecological resilience*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brugge, R. van der, Rotmans, J. & Loorbach, D. (2005). The transition in Dutch water management. *Regional Environmental Change*, 5(4), 164-176.
- Bruijne, M. L. C. de (2006). *Networked reliability; Institutional fragmentation and the reliability of service provision in critical infrastructures*. PhD Thesis. TU Delft: Delft.
- Brunner, R. D., Steelman, T. A., Coe-Juell, L., Cromley, C. M., Edwards, C. M. & Tucker, D. W. (2005). *Adaptive governance: Integrating science, policy, and decision making*. New York: Columbia University Press.
- Castells, M. (2000). Materials for an exploratory theory of the network society. *The British journal of sociology*, 51(1), 5-24.
- Clifford, N., French, S. & Valentine, G. (2010). *Key methods in geography*. 2<sup>e</sup> Editie. London: Sage.
- Centraal Bureau voor de Statistiek (2015). *Elektriciteit in Nederland*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2016a). *Aardgas voor bijna 80 procent op*. Geraadpleegd via <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/37/aardgas-voor-bijna-80-procent-op>
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2016b, 16 september). *Aardgas- en aardoliereserves; nationale rekeningen* [Dataset]. Geraadpleegd via <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=82539NED&D1=3&D2=a&HDR=G1&STB=T&VW=T>
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2017a, 30 juni). *Hernieuwbare elektriciteit; productie en vermogen* [Dataset]. Geraadpleegd via <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=82610ned&D1=a&D2=0-2,5-10&D3=15-26&HDR=T&STB=G1,G2&VW=T>
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2017b, 31 mei). *Motorvoertuigenpark; inwoners, type, regio* [Dataset]. Geraadpleegd via <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=7374hvv&D1=2-11&D2=0&D3=a&HDR=T&STB=G2,G1&VW=T>
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2017c, 31 mei). *Personenauto's; voertuigkenmerken, regio's* [Dataset]. Geraadpleegd via



<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=71405NED&D1=13-19&D2=0&D3=10-17&HDR=G1,G2&STB=T&VW=T>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2017d, 29 mei). *Elektriciteit en warmte; productie en inzet naar energiedrager* [Dataset]. Geraadpleegd via

<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=80030NED>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2017e, 9 maart). *Emissies van broeikasgassen berekend volgens IPCC-voorschriften* [Dataset]. Geraadpleegd via

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=70946ned&D1=0&D2=0-2,6,11,13,15,18-19,22&D3=0,2,12,15-17&VW=T>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2017f, 30 juni). *Energiebalans; kerncijfers* [Dataset]. Geraadpleegd via

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=37281&D1=a&D2=a&D3=153&HDR=G2,G1&STB=T&VW=T>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2017f, 30 juni). *Hernieuwbare energie; verbruik naar energiebron, techniek en toepassing* [Dataset]. Geraadpleegd via

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=83109NED&Da=a&VW=T>

Centraal Bureau voor de Statistiek (2017). *Wat is hernieuwbare energie?* Beschikbaar via:

<https://www.cbs.nl/nl-nl/faq/specifiek/wat-is-hernieuwbare-energie-> [laatst geraadpleegd 31-10-2017].

Damme, E. E. C. van (2005). *Kosten-batenanalyse liberalisering elektriciteitsmarkt gewenst*. Economisch Statistische Berichten, 90(4464), D7-D10.

Derthick, M. & Quirk, P. J. (1985). *The Politics of Deregulation*. Washington D.C. WA: The Brookings Institution.

Dessai, S. & Hulme, M. (2007). Assessing the robustness of adaptation decisions to climate change uncertainties: a case study on water resources management in the East of England. *Global Environmental Change*, 17(1), 59–72.

Dessai, S. & Sluijs, J. P. van der (2007). *Uncertainty and Climate Change Adaptation – A Scoping Study*. Utrecht: Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation.

Dibrell, C. C. & Miller, T. R. (2002). Organization design: the continuing influence of information technology. *Management Decision*, 40(6), 620-627.

Dirven J., Rotmans J. & Verkaik A. P. (2002). *Samenleving in transitie, een vernieuwend gezichtpunt*. (*Society in Transition: an Innovative Viewpoint*) [Essay]. Den Haag.

Dóci, G., Vasileiadou, E. & Petersen, A. C. (2015). Exploring the transition potential of renewable energy communities. *Futures*, 66, 85-95.

Donker, J. F., Huygen, A., Westerga, R., Weterings, R. & Bracht, O. M. van (2015). *Naar een toekomstbestendig energiesysteem: flexibiliteit met waarde*. Delft: TNO.

Duffy, M. E. (1987). Methodological triangulation: a vehicle for merging quantitative and qualitative research methods. *Image: The Journal of Nursing Scholarship*, 19(3), 130-133.

Dumaij, A. C. M., Heezik, A. A. S. van & Felso, F. A. (2012). *Productiviteitstrends in de energiesector: een empirisch onderzoek naar het effect van regulering op de productiviteitsontwikkeling tussen 1988 en 2011*. Delft: Delft University of Technology.

- ECN (2014). *Scenarios for energy carriers in the transport sector*. Petten: ECN.
- Edwards, P. N. (1998). Y2K: Millennial Reflections on Computers as Infrastructure. *History and Technology*, 15, 7-29.
- Ehrhart, D. & Burdon, R. (1999). *Free Entry in Infrastructure, Policy Research Working Paper 2093*. Washington D.C.: The World Bank.
- Eurostat (2016, 10 februari). *Short Assessment of Renewable Energy sources [Dataset]*. Geraadpleegd via <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/4956088/SUMMARY-RESULTS-SHARES-2014.xlsx/04529edf-13f5-464a-9993-df7a09aee3a9>
- Graham, S. & Marvin, S. (2001), *Splintering Urbanism, networked infrastructures, technological mobilities and the urban condition*. London: Routledge.
- Haasnoot, M., Middelkoop, H., Offermans, A., Van Beek, E. & Van Deursen, W. P. (2012a). Exploring pathways for sustainable water management in river deltas in a changing environment. *Climatic Change*, 115(3-4), 795-819.
- Haasnoot, M., Kwakkel, J. H., Walker, W. E. & ter Maat, J. (2012b). Dynamic adaptive policy pathways: a method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global environmental change*, 23(2), 485-498.
- Hallegatte, S., Shah, A., Lempert, R., Brown, C. & Gill, S. (2012). Investment Decision Making Under Deep Uncertainty Application to Climate Change.
- Hendriks, C. M. (2008). On inclusion and network governance: the democratic disconnect of Dutch energy transitions. *Public Administration*, 86(4), 1009-1031.
- Hillier, F. S. & Lieberman, G. J. (2001). *Introduction to Operations Research*. 7<sup>e</sup> Editie. New York NY: McGraw Hill.
- Hutchcroft, P. D. (2001). Centralization and decentralization in administration and politics: assessing territorial dimensions of authority and power. *Governance*, 14(1), 23-53.
- Kemp, R., Loorbach, D. & Rotmans, J. (2007). Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(1), 78-91.
- Klijn, E. H. (2008). Governance and Governance Networks in Europe'. *Public Management Review*, 10(4): 505-525.
- Kothari, C. R. (2004). *Research methodology: Methods and techniques*. 2e editie. New Delhi: New Age International Publishers.
- Kwadijk, J., Haasnoot, M., Hoogvliet, M., Jeuken, A., Krogt, R. van de, Oostrom, N. van, Schelfout, H., Velzen, E. van, Wit, M. de, Waveren, H. van, Vulink, T. & Kielen, N. (2008). *The Climate Proofness of "the Netherlands Water Country": "Tipping points" in water policy and management*. Delft: Deltares.
- Kwadijk, J. C., Haasnoot, M., Mulder, J. P., Hoogvliet, M., Jeuken, A., van der Krogt, R. A., ... & de Wit, M. J. (2010). Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: a case study in the Netherlands. *Wiley interdisciplinary reviews: climate change*, 1(5), 729-740.
- Kwakkel, J. H., Walker, W. E. & Marchau, V. A. W. J. (2010a). Adaptive airport strategic planning. *EJTIR*, 10(3), 249-273.

- Kwakkel, J. H., Walker, W. E. & Marchau, V. A. W. J. (2010b). Classifying and communicating uncertainties in model-based policy analysis. *International Journal of Technology, Policy and Management*, 10, 299–315.
- Kwakkel, J. & Haasnoot, M. (2012). *Computer assisted dynamic adaptive policy design for sustainable water management in river deltas in a changing environment*. 9th International Congress on Environmental Modelling and Software.
- Leeuw, A. C. J. de (1982). *Organisaties: management, analyse, ontwerp en verandering*. 2<sup>e</sup> editie. Assen: Van Gorcum.
- Lemos, M. C. & Agrawal, A. (2006). Environmental governance. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, 297-325.
- Loorbach, D. (2007). Governance for sustainability. *Sustainability: science, practice, & policy*, 3(20), 1-4.
- Loorbach, D. (2010). Transition management for sustainable development: a prescriptive, complexity-based governance framework. *Governance*, 23(1), 161-183.
- Lund, H. (2007). Renewable energy strategies for sustainable development. *Energy*, 32(6), 912-919.
- McGowan, F. (1999). The internationalisation of large technical systems, dynamics of change and challenges to regulation in electricity and telecommunications. In Coutard, O. (Red.), *The Governance of Large Technical Systems* (pp. 130- 148). London/New York: Routledge.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. 2<sup>e</sup> editie. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Miles, R. E. & Snow, C. C. (1992). 'Causes of Failure in Network Organizations', in: *California Management Review*. 34(4), 53-72.
- Ministerie van Economische Zaken (2016). *Energieagenda: naar een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Mondiaal Nieuws (2012, 11 juni). *Duitsland moet elektriciteitsnet grondig aanpassen* [nieuwsartikel]. Beschikbaar via: <http://www.mo.be/artikel/duitsland-moet-elektriciteitsnet-grondig-aanpassen> [laatst geraadpleegd 30-12-2016].
- Netbeheer Nederland (2011). *Net voor de Toekomst*. Arnhem: Werkgroep 'Net voor de Toekomst'. Arnhem: Netbeheer Nederland.
- Netbeheer Nederland (2013). *De proeftuin 'decentrale duurzame collectieven'*. Arnhem: Netbeheer Nederland.
- Newman, J. (2001). *Modernising Governance: New Labour, Policy and Society*. London: Sage.
- Nu.nl (2010, 4 november). *Geen opslag CO<sub>2</sub> onder Barendrecht* [nieuwsartikel]. Beschikbaar via: <https://www.nu.nl/politiek/2371383/geen-opslag-co2-barendrecht.html> [laatst geraadpleegd 14-11-2017].
- Nos.nl (2016, 18 juli). *Te veel zonnepanelen in Groningen* [nieuwsartikel]. Beschikbaar via <https://nos.nl/artikel/2118256-te-veel-zonnepanelen-in-groningen.html> [laatst geraadpleegd 18-12-2017]
- Offermans, A., Haasnoot, M., & Valkering, P. (2011). A method to explore social response for sustainable water management strategies under changing conditions. *Sustainable development*, 19(5), 312-324.

- Osborne, D. & Gaebler, T. (1993). *Reinventing Government: How the Entrepreneurial Spirit Is Transforming the Public Sector*. New York NY: Plume.
- PBL & DNV-GL (2014). *Het potentieel van zonnestroom in de gebouwde omgeving van Nederland*. Arnhem: DNV GL - Energy KEMA Nederland B.V.
- PBL & ECN (2017). *Analyse regeerakkoord Rutte-III: effecten op klimaat en energie*. Den Haag: PBL.
- Pierre, J. & Peters, B. G. (2000) *Governance, politics and the state*. Houndmills: Macmillan.
- Powell, W.W. (1990). Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organization. *Research in Organizational Behavior*, 12, 295-336.
- PWC (2016). *De historische impact van salderen*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Rhodes, R. A. W. (1996) The New Governance: Governing without Government. *Political Studies*, 44(4), 652-667.
- Rip, A., Kemp, R. P. M. & Kemp, R. (1998). *Technological change*. In S. Rayner, & E. L. Malone (Red.), *Human choice and climate change*. Vol. II, Resources and Technology (pp. 327-399). Columbus OH: Battelle Press.
- Rocky Mountain Institute (2014). *The Economics Of Grid Defection. When and where distributed solar generation plus storage competes with traditional utility service*. Boulder USA: Rocky Mountain Institute, Homer Energy & Cohnreznick Think Energy.
- Roo, G. de & Voogd, H. (2004). *Methodologie van planning: over processen ter beïnvloeding van de fysieke leefomgeving*. Bussum: Coutinho
- Roo, G. de (2015). Onzekerheid als leidend beginsel: planologie in Groningen. *Rooijlijn*, 48 (1), 38-55.
- Roo, G. de (2004). *De toekomst van het milieubeleid: over de regels en het spel van decentralisatie - een bestuurskundige beschouwing*. Groningen: Van Gorcum.
- Rosenau, J. N. (1992). Governance, order. and change in world politics. In Rosenau, J. N. & Czempiel, E. O. (Red.), *Governance without Government: Order and Change in World Politics* (pp. 3-6). Cambridge: Cambridge University Press.
- Rotmans, J., Kemp, R. & Asselt, M. van (2001). More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight*, 3(1), 15-31.
- Rotmans, J. (2003). *Transitiemanagement: sleutel naar een duurzame samenleving*. Assen: Van Gorcum.
- Rotmans, J. (2005) *Societal Innovation: between dream and reality lies complexity*. Beschikbaar via: <http://hdl.handle.net/1765/7293> [laatst geraadpleegd 31-10-2017].
- Rotmans, J. (2011). *De crisis als kans voor gebiedsontwikkeling 3.0*. Beschikbaar via: <http://www.janrotmans.nl/archieven/2011/10/de-crisis-als-kans-voor-gebiedsontwikkeling-3-0.html> [laatst geraadpleegd 31-10-2017].
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2015). *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2016). *Lokale energie monitor 2016*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Schneider, V. & Jäger, A. (2003). The Privatization of Infrastructures in the Theory of the State: an Empirical Overview and a Discussion of Competing Theoretical Explanations. In Wubben, E. F.

- M. & Hulsink W. (Red.), *On Creating Competition and Strategic Restructuring, Regulatory Reform in Public Utilities*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Scholtens, B. & Zuidema, C. (Red.) (2015). *Lokaal energie maken: Op weg naar een decentraal energiesysteem*. Groningen: Macredes.
- Seale, C., Gobo, G., Gubrium, J. F. & Silverman, D. (Red.) (2004). *Qualitative research practice*. Londen: Sage.
- SER (2013). *Energieakkoord voor duurzame groei*. Den Haag: Sociaal-Economische Raad.
- SER (2016). *Uitvoeringsagenda energieakkoord 2016*. Den Haag: Sociaal-Economische Raad.
- Sidak, J. G. & Spulber, D. F. (1998). *Deregulatory Takings and the Regulatory Contract, The Competitive Transformation of Network Industries in the United States*. London: Cambridge University Press.
- Slootweg, J. G. (2010). *Smart Grids - fundament voor de toekomstige energievoorziening*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Spit, T. J. M. & Zoete, P. (2006). *Ruimtelijke Ordening in Nederland: een wetenschappelijke introductie in het vakgebied*. Den Haag: Sdu Uitgevers bv.
- Steenhuisen, B. M. & Bruijne, M. L. C. de (2014). *Waarom worstelen netbeheerders met de energietransitie? Vijf holle antwoorden en een empirisch perspectief*. Proceedings of the ESEIA-IGS Conference Smart and Green Transitions in Cities/Regions 24-25 April, 2014. Enschede: University of Twente.
- Steetskamp, I. & Wijk, A. van (1994). *Stroomloos. Kwetsbaarheid van de samenleving; gevolgen van verstoringen van de elektriciteitsvoorziening*. Den Haag: Rathenau-instituut.
- Stoker, G. (1998). Governance as theory: five propositions. *International social science journal*, 50(155), 17-28.
- Teisman, G., Buuren, A. van & Gerrits, L. (2009). *Managing complex governance Systems. Dynamics, Self-Organization and Coevolution in Public Investments*. *International Review of Public Administration*, 18(1), 1-16.
- VEMW (2017). *Kenmerken elektriciteitsnet*. Beschikbaar via: <https://www.vemw.nl/Electriciteit/Netwerk%20en%20Transport/Kenmerken%20Netwerk.aspx?fullweb=1> (Laatst geraadpleegd 28-11-2017).
- Verbong, G. & Geels, F. (2007). The ongoing energy transition: lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960–2004). *Energy policy*, 35(2), 1025-1037.
- Verbong, G. & Vleuten, E. van der (2004). Under construction: material integration of the Netherlands 1800–2000. *History and Technology: An International Journal*, 20(3), 205-226.
- Vos, J. C. & Tongeren, L. van (2016, 13 december). Stimulering duurzame energieproductie [Kamerbrief]. Geraadpleegd van <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31239-241.pdf>
- Walker, W. E. (1988). Generating and screening alternatives. In: Miser, H. J. & Quade, E. S. (Red.), *Handbook of Systems Analysis: Craft Issues and Procedural Choices* (pp. 221-222). New York NY: Elsevier.
- Walker, W. E., Harremoës, P., Rotmans, J., Sluijs, J. P. van der, Asselt, M. B. van, Janssen, P. & Kraymer von Krauss, M. P. (2003). Defining uncertainty: a conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support. *Integrated assessment*, 4(1), 5-17.

- Walker, W. E. (2011). *Policy analysis 1962-2012: From predict and act to monitor and adapt* [afscheidsrede]. Beschikbaar via:  
<http://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Play/ed2b28b096e1405e9ab9455b592a73881d> (Laatst geraadpleegd 31-10-2017).
- Walker, W. E., Marchau, V. A. W. J. , & Kwakkel, J. H. (2013). Uncertainty in the framework of policy analysis. In Thissen W. & Walker W. (Red.), *Public Policy Analysis. International Series in Operations Research & Management Science, vol 179*. Boston MA: Springer.
- Wall, T. A., Walker, W. E., Marchau, V. A. & Bertolini, L. (2015). Dynamic Adaptive Approach to Transportation-Infrastructure Planning for Climate Change: San-Francisco-Bay-Area Case Study. *Journal of Infrastructure Systems*, 21(4), 05015004.
- Yzer, J. R., Walker, W. E., Marchau, V. A. & Kwakkel, J. H. (2014). Dynamic Adaptive Policies: A Way to Improve the Cost—Benefit Performance of Megaprojects?. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 41(4), 594-612.
- Zoback, M. D. & Gorelick, S. M. (2012). Earthquake triggering and large-scale geologic storage of carbon dioxide. *PNAS*, 109(26), 10164-10168.
- Zuidema, C. & Roo, G. de (2015). Making Sense of Decentralization: Coping with the Complexities of the Urban Environment. In Fra Paleo, U. (Red.), *Risk Governance* (pp. 59-76). Dordrecht: Springer.

## APPENDICES

### APPENDIX I - INTERVIEW GUIDE

#### **Persoonlijke introductie**

Student Rijksuniversiteit Groningen – Environmental & Infrastructure Planning

De informatie uit het interview wordt alleen gebruikt worden voor het zojuist beschreven onderzoek. Het gesprek wordt niet woord voor woord getranscribeerd maar wordt wel verwerkt tot een samenvatting die vooraf gaand aan publicatie ter goedkeuring wordt voorgelegd. De samenvatting wordt opgenomen als appendix van het onderzoek. Geeft u toestemming voor het gebruik van een voice recorder tijdens het gesprek?

#### **Introductie interview**

Ik bestudeer de transitie naar een CO<sub>2</sub>-neutraal elektriciteitssysteem. Mijn onderzoek heeft als doel om inzicht te geven in de welke investeringen nodig zijn om het Nederlandse elektriciteitsnetwerk klaar te maken voor de klimaatdoelstellingen van 2050. Met mijn onderzoek ga ik een nieuwe variant op de 'dynamisch adaptieve planningsaanpak' uittesten op het maken van een plan voor het Nederlandse elektriciteitsnetwerk. Deze aanpak combineert een strategische visie met acties die op de korte termijn uitgevoerd kunnen worden.

#### **Hoofdonderwerpen**

- De trends in het Nederlandse elektriciteitsgebruik tussen nu en 2050;
- Welke problemen en dilemma's er vanuit de sector worden verwacht voor het netwerk;
- Welke kansen en acties er voor het netwerk mogelijk zijn;
- Het moment vanaf wanneer en hoe lang mogelijke acties voor het netwerk effectief gaan zijn.

#### **Subonderwerpen**

- Welke bronnen zijn veelbelovend maar tot nu toe nog niet besproken;
- Is het technisch mogelijk om zon-PV op particuliere daken af te schakelen;
- Waar liggen de kansen om de probleem van een te hoge invoeding van zon-PV op de LS-netten op te lossen;
- Wat zijn de verwachte kansen vanuit de accu's van elektrische voertuigen;
- Wat gaat er gebeuren met de salderingsregeling na 2023;
- Wie betaalt de kosten van het aanleggen van een HS-net op zee.

#### **Afronding**

- Welke zaken zijn er niet aan bod gekomen die u wel graag zou willen benoemen?
- Mag uw naam en uw functie worden vermeld in het onderzoek?
- Wilt u uw e-mailadres doorgeven zodat het eindresultaat van dit onderzoek digitaal naar u kan worden verzonden?

## 11.4 APPENDIX II – TRANSSCRIPT ENEXIS

### Sander Schouwenaar – Manager Verkennen Asset Management

Woensdag 15 november 2017: 12:30 te Eindhoven

*Sander Schouwenaar werkt sinds mei 2011 in diverse projecten als (project) manager op de afdeling de Asset Management van de Enexis Groep. Sinds januari 2017 is hij als manager Verkennen Asset Management bezig met het verkennen van mogelijkheden hoe Enexis zijn infrastructuur toekomstbestendig kan maken wanneer de doelstellingen uit de Energie-Agenda concreet gemaakt gaan worden. Hiervoor stelt hij samen met gemeenten en provincies energiebestemmingsplannen op hernieuwbare elektriciteit aan te sluiten op de netten van Enexis. De heer Schouwenaar heeft een master in Industrial Engineering and Management Science aan de Technische Universiteit van Eindhoven en is na een jaar als Production Engineer bij DAF Trucks N.V. via het traineeprogramma bij Enexis gekomen.*

**Dhr. Schouwenaar:** Als je het hebt over de megatrends, dan zie je dat we de energiedoelstellingen wel zullen gaan halen. Er is eigenlijk maar één ding belangrijk en dat is de elektrificatie van energie. Waar we nu met gas verwarmen gaat dit veel meer elektrisch worden. Waar wij nu veel op diesel rijden gaat dit ook veel meer elektrisch worden. Waar wij nu met steenkolen onze elektriciteit produceren gaat dit veel meer duurzame elektriciteitsproductie worden. Daarmee wordt het aandeel elektriciteit veel groter in de totale energievraag. Dat heeft een aantal consequenties als je CO<sub>2</sub>-neutraal wil zijn. Je zult dan nog veel meer duurzaam moeten opwekken. Waar je nu op 5,6% zit zal dat naar 100% toe moeten. In een termijn die heel erg knap is, 30 jaar. De belangrijkste conclusie die je daaruit kunt trekken is dat het aandeel elektriciteit veel groter wordt dan nu. De netten die nu top-down zijn ingericht op productie naar huishoudens gaan bidirectioneel worden. De kunst voor de netbeheerders blijft om vraag en aanbod te balanceren, wat we nu eigenlijk ook doen. Alleen, er zullen veel meer afhankelijkheden in het systeem komen. Vroeger was het een fabriek die wat langzamer ging draaien of juist wat sneller ging draaien. Nu kunnen klanten ook zelf gaan terugleveren. Het aantal spelers wordt N keer zo groot en die hebben allemaal een klein percentage van de flexibiliteit nodig is, of van de opslag eventueel. Leveranciers die wel of niet iets afschakelen: de framing en de tijd wordt nog veel kleiner, dus alles wordt veel complexer. Dat betekent dat er meer dingen van het net gevraagd gaan worden dan nu het geval is. Daar zie je nu concreet al wat ontwikkelingen in die voor planologen relevant zijn. Het netwerk is nu voor de helft qua capaciteit belast, gemiddeld genomen. Je hebt dan het middenspanningsnet voor het transport en het laagspanningsnetwerk voor de huishoudens. Hoe meer je in de haarvaten komt, hoe belangrijker het wordt om in beeld te krijgen hoeveel mensen zonnepanelen en elektrische auto's hebben. Daar zul je als eerste de verzwaringen krijgen. De middenspanningsnetten zijn best ruim opgezet en opgeteld kunnen ze best wel wat hebben. Achter zo'n dun kabeltje daar zul je eerder moeten verzwaren. Hoe hoger de intensiteit achter een kabel en hoe meer klanten, des te moeilijker het wordt om te voorspellen wanneer je moet verzwaren. Wanneer wij ons net gaan vervangen dat is echt reactief. We hebben natuurlijk risicogedreven assetmanagement. Wij kijken naar risico's van het elektriciteitsnet, wanneer welke storing zich voordoet, maar eigenlijk hebben wij dat al zover geautomatiseerd dat je kan zeggen dat wij alleen de elektriciteitsnetten vervangen als we storingen hebben of als ze qua capaciteit aan hun grens zitten. Daar zie je dus door al die ontwikkelingen, dat die max wordt steeds meer bepaald door andere



factoren in vergelijking met vroeger. Hoe ziet het achter de meter eruit? Zijn er zonnepanelen of niet? Hebben zij opslag of niet? Er zijn een hele hoop onzekerheden waarvan wij ook niet weten hoe snel die ontwikkelingen gaan. Daarmee is het vanuit planologisch oog belangrijk om aan te haken in die ontwikkelingen waar wij mee bezig zijn. Zo zijn wij bezig met omgevingsvisies voor energie waarbij wij proberen aan te haken met de vraag: 'Wat wil de gemeente wat betreft CO<sub>2</sub> in welke wijken?' Zijn zij wat van plan, dus meer een wijkgerichte aanpak, zodat je eigenlijk kunt meeliften met de initiatieven die er al plaatsvinden? Als de riolering al vervangen moet worden dan is dat het moment, wanneer de grond toch al opengaat, om het elektriciteitsnet te verzwaren. Als een woningcorporatie besluit hun woningen te verduurzamen, dan komen wij wellicht al in de problemen met ons elektriciteitsnetwerk omdat dat een factor zeven wat betreft belasting is op ons netwerk. Dat gaan wij niet redden met de helft van onze capaciteit, zeven keer zo veel. Dus dan zul je ook de grond open moet gooien als je met de huizen aan de gang gaat. Je kunt het dan beter in één keer doen en voor 20 jaar verderop genoeg dimensie geven. Je ziet daar dat wij proberen aan te haken bij initiatieven die er al zijn vanuit waterschappen, vanuit reconstructies, vanuit wooncorporaties.

**Onderzoeker:** Slim plannen, zeg maar?

**Dhr. Schouwenaar:** Dat is eigenlijk de kunst momenteel, dat wij onze netten klaarmaken voor de toekomst, als de grond al opengaat. Want de kosten van een verzwaring van je netwerk worden, als ik het uit de losse pols gooi, grotendeels bepaald doordat de grond open moet. De meterprijs wordt veel meer bepaald door de roering in de grond en de tegels die er weer terug op moeten en door de eisen die de gemeente aan ons stelt voor zulke werkzaamheden, dan voor de kabel die een stukje dikker gemaakt moet worden. Dat is niet zo duur. De grond opengooien dat is het duurste. Dan moet je dus eigenlijk nu al beslissen wat voor oplossing je in 2050 in een wijk wil en daar dan al je netwerk voor klaarmaken. Dat is eigenlijk een beetje de manier waarop wij het proberen te doen.

**Onderzoeker:** Dat bevestigt inderdaad een aantal dingen die ik ook begrepen had. Met name die substitutie en de elektrificering van warmte en vervoer, want het hangt er natuurlijk een beetje van af wat er gaat gebeuren met bijvoorbeeld de elektrische auto's. Op dit moment is het aantal zonnepanelen aan het groeien maar er is nog niet gigantisch veel opwekking van energie met zonnepanelen. Wat verwachten jullie tussen nu en 2050 dat er gaat gebeuren met de zonnepanelen? Wat is jullie strategie of jullie beleid daarin?

**Dhr. Schouwenaar:** Wij hebben zelf een strategisch assetmanagementplan. Daarin analyseren wij een aantal trends. We kunnen niet 30 jaar vooruit plannen maar acht jaar. Wij hebben een aantal trends zoals de elektrische auto's, warmtepompen, warmtekrachtinstallatie en groen gas die zijn relevant. Op basis daarvan en op basis van welk scenario werkelijkheid wordt bepalen wij ons investeringsbeleid. Wij stoppen daar verschillende scenario's in. Stel het gaat economisch goed en iedereen heeft heel veel geld of bijvoorbeeld een scenario met veel armoede of alles gaat heel erg op duurzaamheid of juist helemaal het tegenovergestelde. Als je die extremen tegenover elkaar zet dan kun je een beetje het midden gaan kiezen. In dat geval is het altijd goed om te investeren. Dat is een beetje de manier waarop wij het doen als je dan vraagt hoe wij tegen ontwikkeling van zonnepanelen aankijken. Als je kijkt naar de verschillende scenario's dan zit de ontwikkeling van zonnepanelen in alle scenario's dicht tegen elkaar aan. De bandbreedte kennen we niet maar de max kunnen wij wel inschatten want wij herijken deze inschatting elke twee jaar. Zo proberen wij een beetje wendbaar te zijn. De komende

twee jaar kun je uitgaan van zoveel megawatt wat extra op het net komt. Op basis daarvan kun je ook zo veel geld voor investeringen vrijmaken. Dan heb je in ieder geval genoeg ruimte dat als het meer wordt om het dan op te kunnen schalen. Het is niet zo dat we dan niks doen, we moeten dan extra geld neerleggen en je probeert vooral op de ontwikkelingen in de praktijk aan te sluiten. Het blijft echter niet mogelijk om het helemaal exact te voorspellen. Het heeft meer zin om een bandbreedte te voorspellen en binnen die bandbreedte een horizon te kiezen die je gewoon hebt vastgelegd en daarna ga je weer verder kijken. Wat wij bijvoorbeeld hebben gezien is een SDE regeling die afgelopen najaar is geweest. De toekenning van subsidie was in de zomer al ongeveer het dubbele van het scenario. Daarmee hebben wij het scenario voor de komende jaren herijkt en het is naar boven bijgesteld. Het plaatje is naar boven bijgesteld van 400 naar 500. Als we wachten heeft dit toch vaak met subsidies te maken.

**Onderzoeker:** Dat zijn dus externe factoren waar jullie rekening mee moeten houden. Mijn onderzoek focust zich op de zonnepanelen die op jullie laagspanningsnetwerk worden aangesloten. Wat is voor jullie als netbeheerder eerder concreet het probleem als bijvoorbeeld in een wijk hier in Arnhem een wijk vol met zonnepanelen gaat komen te liggen? Waar lopen jullie dan tegenaan? Overcapaciteit, begrijp ik?

**Dhr. Schouwenaar:** Het probleem is dat de zon overdag schijnt. In bepaalde maanden schijnt hij intensief. Een zonnepaneel wekt het meest op als hij niet te warm is. Ik geloof tussen de 20 en 25 graden misschien nog minder en wanneer de zon natuurlijk volop schijnt. Het probleem is echter de spanning op het elektriciteitsnet. Wat je dan ziet gebeuren en dat is eigenlijk niet eens een netwerkprobleem maar een klantprobleem, dat de spanning te hoog wordt. Je hebt bijvoorbeeld weleens flikkerende lampen, dat is een soort spanningskwaliteit. De bandbreedte van ons net is 230 volt en dan heb je plus of min 23 voor spanningskwaliteit. Als je kijkt naar een stad waar veel zonnepanelen zijn en als we daar niks aan zouden doen dan kan het dus zijn dat er zoveel wordt opgewekt op een bepaald moment dat je te weinig capaciteit hebt. Dat zien wij nog niet zoveel gebeuren wat wij eerder zien gebeuren is dat de spanningskwaliteit veranderd. Het is een soort sinus, hoe verder je naar buiten gaat, hoe langer de kabel is. En als er veel stroom wordt opgewekt aan het einde, hoe groter die slinger wordt. En als je dan buiten die bandbreedte komt dan is het niet het geval dat het net eruit klapt, maar jouw zonnepaneel die buiten die bandbreedte zit heeft een omvormer en die omvormer is beveiligd op die spanningskwaliteit. Het terugvoeden wordt opeens niet meer mogelijk, want die omvormer gaat er gewoon uit. De consequenties van veel zonnepanelen in een bepaald gebied zonder een netverzwaring of zonder spanningskwaliteit te gaan regelen is dat zonnepanelen gewoon afgeschakeld gaan worden en er geen teruglevering mogelijk is. In Duitsland hebben zij dit afgevangen door in de slimme meter een soort klep te maken die jou als klant afschakelt. Als de spanningskwaliteit een kritieke waarde overschrijft en jij zit aan de einde van de kabel dan kan de netbeheerder in Duitsland zeggen: 'Ik gooi in die slimme meter die klep open dan ben je eventjes helemaal zonder elektriciteit.'

**Onderzoeker:** Dat is dus het aftoppen van productie?

**Dhr. Schouwenaar:** Dat is iets wat in Nederland niet kan dus moet het in het net geregeld worden, want als wij het niet doen dan gaat er gewoon een omvormer uit.

**Onderzoeker:** Is het technisch niet mogelijk in Nederland?

**Dhr. Schouwenaar:** Technisch heb je natuurlijk dat de omvormer gewoon uit gaat. Dan lever je 0% in plaats van 95% en dat is natuurlijk niet eerlijk als jij aan het einde van de kabel zit terwijl jouw buurman nog wel kan terugleveren. Dan krijg je ongelijkheid en dat is natuurlijk ook niet wenselijk op het elektriciteitsnetwerk, want dan is de consequentie dat wij ofwel het net moeten verzwaren of de transformatoren anders moeten gaan instellen, zodat zij een andere bandbreedte krijgen. Ook daar heb je een soort van uiterste: dan moet je gewoon een transformator ernaast gaan zetten en een extra kabel leggen.

**Onderzoeker:** Wat ik begreep, is dat zodra jullie gaan graven of inderdaad minder huishoudens op één transformatiehuis aansluiten dat dit voor een Enexis en eigenlijk ook voor de andere netbeheerders de meest kostbare maatregel is. Graven en verzwaren, dat is voor jullie het duurste. Doen jullie ook andere maatregelen zoals bijvoorbeeld opslaan in accu's?

**Dhr. Schouwenaar:** Wij noemen dat flexen, flexibiliteit. Daar zijn een aantal pilots van onderzocht maar niks wat wij in de praktijk toepassen. Het enige wat wij nu toepassen is het net verzwaren of spanningskwaliteit verbeteren. Wij hebben vaak pas het inzicht achteraf. Dus als het misgaat grijpen wij in want het is te duur om vooraf in te grijpen. Wat je kan beseffen is dat als wij een voor tigduizend een transformator moeten neerzetten. Dat weegt niet op voor tien klanten. Dan wordt het elektriciteitsnet onbetaalbaar. Wat dan misschien wel een oplossing is als je vraagt afvlakt, wat ik net zei, dat wordt nu nog niet toegepast in Nederland. Wij hebben dat ook nog niet echt goed uitgetoet. Bijvoorbeeld bij elektrisch laden heb je zo iets wel. Er is een soort bandbreedte waarin je mag laden en tijdens pieken mag je dan niet laden. Je krijgt dan een korting op jouw tarief van Enexis en dat model hebben wij ook in pilots met consumenten in Zwolle en Breda gedaan en in Groningen met Powermatching City. Hierbij gaven wij een soort van korting op het netwerktarief tijdens piekmoment. Nou, wanneer mensen dan in de bandbreedte kwamen waarbij het kritisch werd dan kregen zij een korting om de wasmachine even uit te zetten. Als jij op voorhand de netbeheerder al toestemming geeft en je zorgt ervoor dat je het niet doet, dan krijg je korting, doe je het wel dan krijg je een straf. Zo kun je het ook zien.

**Onderzoeker:** Een incentive?

**Dhr. Schouwenaar:** De incentive in de praktijk moet nog gereguleerd en gerealiseerd worden. Daarbij geldt: er is nog heel weinig bekend over hoeveel het oplevert. We hebben allerlei projecten gedaan met onderzoek en daar komt uit dat 10% is haalbaar door het afvlakken van de piek. Maar waar ga je het dan inzetten en hoe lang? Want het is een soort tijdelijke oplossing totdat jij je netverzwaring hebt omdat opslag nog veel te duur is. Maar we geloven er ook wel in dat als iedereen een elektrische auto heeft dat er dan vanzelf modellen komen die dat dan gaan regelen dat het goedkoper is om je eigen energie te gebruiken.

**Onderzoeker:** Spelen jullie daar dan een rol in? Stel je voor dat de elektrische auto tussen nu en 2050, dat zijn een van de doelstellingen die net weer in het regeerakkoord herbevestigd is, doorbreekt. De slimme meter is over drie jaar uitgerold?

**Dhr. Schouwenaar:** Ja, 2020 is het doel dan moet iedereen 100% zijn. Maar in de praktijk...

**Onderzoeker:** Ga even uit dat het gros van de huishoudens, zeg maar 90%, een slimme meter heeft en 10 of 20% heeft ook een elektrische auto. Kunnen jullie dan op afstand bepalen dat de elektriciteit opgewekt in zonnepanelen naar die elektrische auto's gaat?

**Dhr. Schouwenaar:** Nee, daar kan ik kort over zijn. Hoe werkt het is net als met groene stroom. Wij kunnen niet zeggen die stroom is groen en die gaat naar jou. Het is gewoon een soort van waterstroom. Die kun je ook niet helemaal sturen, welke waterdruppeltjes er nou naar welke kant gaat.

**Onderzoeker:** Jullie kunnen wel op macroschaal zeggen: 'Ik heb hier bijvoorbeeld een bepaalde wijk.'

**Dhr. Schouwenaar:** Je kunt netten afschakelen. Wij doen bijvoorbeeld aan frequentiehandhaving, we zorgen dat het 50 hertz blijft. Als het 51 hertz is, als het water zeg maar te hoog is, zorgen we dat er ergens water gaat stromen zodat het dan weer omlaag gaat. Dat is eigenlijk het balanceren van vraag en aanbod. We kunnen niet zeggen die vraag gaat specifiek naar die klant, dat is onmogelijk.

**Onderzoeker:** Als elektrische auto's op het net komen dan is dat voor jullie een kans om, zodra de hertz te hoog zijn, de overcapaciteit op te slaan in die auto's.

**Dhr. Schouwenaar:** Het enige wat je kan doen is het beïnvloeden van hoeveel auto's tegelijk laden en daarmee kun je de spanning weer regelen. Dat is de kunst die je continu doet. Vroeger deden wij dat door elektriciteitscentrales harder of zachter te laten draaien. Nu vragen wij gewoon mensen om even niet terug te leveren met zonnestroom of windturbines uit te zetten, maar dat is duurzaam opgewekte energie en dat is zonde. Eigenlijk moet je het om gaan draaien: als er duurzaam is dan moet je dat maximaal gebruiken, opslaan of aan conversie doen. Vervolgens dat gebruiken voor verwarming of gebruik. Dan volgt gebruik de opwekking en niet andersom zoals nu het geval is, u vraagt wij draaien. Wassen als de zon schijnt.

**Onderzoeker:** \*Laat een conceptversie van de dynamic adaptive policy pathway map zien.\*

Waar ik naar probeer te kijken is naar het schaalniveau van het hele netwerk. Het gaat dus niet om de exacte momenten. Wanneer kan ik bijvoorbeeld beginnen met het aftoppen van productie, denkt u?

**Dhr. Schouwenaar:** Het beleid voorzetten kan nu. Het verzwaren van infrastructuur is eigenlijk het huidige beleid, dat is ongeveer hetzelfde. Het aftoppen van productie is misschien het eerste dat volgt.

\*Wijst eerst op verzwaren van infrastructuur en daarna op investeringen met verbindingen in het buitenland.\*

Dit doet de netbeheerder en dit doet TenneT. TenneT investeert hierin en dit kunnen we nu ook al doen, die hebben zo'n pot met geld klaar staan voor de interconnectie. Waarom dit niet lukt heeft meer met de doorlooptijd die daarvoor nodig is om het te organiseren te maken. De aannemers die nodig zijn, daar komt straks het knelpunt, de kabels die nodig zijn, de materialen en de mensen, dat wordt de bottleneck. Het geld is niet de bottleneck, TenneT heeft dit in een potje zitten, voor interconnections. Ieder jaar wordt dat geveild, zeg maar. Dat spaart zich alleen maar op. Dit kan eigenlijk de netbeheerder niet doen daar zou je ook wel ruimte voor kunnen bedenken als er een

zonnepark net over de grens ligt. Dat we niet perse naar TenneT hoeven te gaan om dat aan ons net te koppelen maar gewoon een kabeltje ernaartoe. Nu kan dat niet, het zijn allemaal juridische factoren die het belemmeren. Ik denk dat het aftoppen van productie een heel logische is om mee te starten. Flexibilisering van elektriciteitsprijzen kan in principe ook al, alleen dat doet geen netbeheerder omdat het te weinig oplevert. Het moeilijke aan heel dit is dat de factoren die erachter liggen. Neem bijvoorbeeld opslag, waarom investeert niemand? Omdat je mag salderen. Als salderen wordt afgeschaft in 2023, zo iets?, dan zal dit waarschijnlijk wel door gaan trekken maar dan zal ook de flexibilisering van de elektriciteitsprijs een vlucht gaan krijgen. Je krijgt dan meer batterijen en dus meer flex aanwezig. Tegelijkertijd zegt het al, het wordt allemaal moeilijk, dus zal je naar flexoplossingen moeten omdat jij niet op tijd jouw net verzaard hebt. De volgorde is dus het verzaaren. Als dat dadelijk opeens niet meer kan omdat het te lang duurt, of opeens omdat er heel veel zonnepanelen komen, of heel veel elektrische auto's, of omdat de gemeente het gewoon niet toe staat om de boel op te graven, dan komen alternatieven in beeld. Voor de netbeheerder is een alternatief productie gewoon stopzetten want wij hebben alles niet op tijd aangesloten, dat is niet altijd uitlegbaar. Dus aftoppen zou een optie kunnen zijn waar wij wel voor zouden kunnen pleiten. Het andere is dan dat de consument maar de mogelijkheden erbij gaat betrekken om de prijs verschoven krijgen. Je komt dan bij Smart Grid oplossingen. Dat is nu nog het laatste vehikel omdat wij dat eigenlijk nog te duur vinden en de waarde daarvan nog onbekend is.

**Onderzoeker:** 'Nu nog te duur,' zeg je. Kun je ook inschatten wanneer het mogelijk is, bijvoorbeeld vanaf hoeveel giga- of terawatt aan opwekking uit zonne-energie.

**Dhr. Schouwenaar:** Dat is moeilijk om te zeggen, dat is veel te complex, daar zijn promovendi mee bezig geweest die gestudeerd hebben op de ontwikkelingen in de waarde van flexibiliteit. Ik denk dat het toch ook een soort markt is die moet ontstaan, markt ontstaat door de volume. Dit is al te zien bij elektrische rijders. Batterijprijzen en batterijtechniek bepalen dat het goedkoper wordt om een batterij achter de meter te hebben of in een elektrische auto te stoppen. Alle autofabrikanten zeggen dat zij stoppen met dieselauto's en overgaan op elektrisch, daarmee krijg je een boost voor de batterijmarkt en gaat de prijs van huishoudelijke batterijen dalen. Uiteindelijk heeft iedereen een auto straks en dan kun je gaan laden en dan heb je opeens heel veel flexibiliteit per gebruiker. Dan ontstaat er vanzelf een markt om het niet in een netverzwaring te stoppen maar in die markt. Maar het is heel moeilijk in te schatten bij welk omslagpunt, bij welke prijs want dat bepaalt of het voor ons voordelig wordt of niet. Dus de flexibiliteitsmarkt is er nog niet echt. Alleen echt bij grootschalige productie, wat je ziet in Duitsland. Daar is heel veel zon en wanneer ze een overschot aan de zon hebben wordt dat in Oostenrijk in meren opgeslagen op hoogte. Op grote schaal zie je dus de businesscase rondom flexibiliteit al wel ontstaan. Grote windparken die een mega-accu neerzetten, alleen al omdat zij dat op prijs doen, zij handelen op basis van de prijzen die je ziet op de markt. Opeens heel veel duurzame energie opslaan en later terugnemen.

**Onderzoeker:** Dat grootschalige, daar zit dus al een businesscase in?

**Dhr. Schouwenaar:** Voordat het nou kleinschalig wordt dan moet er meer duurzaamheid komen, dat is een beetje de crux. Eerst moet er meer opwekking en meer elektrische auto's komen. Dus aan de vraag of aanbod moet iets gebeuren. Nu zitten we vooral aan de vraagkant. Waar veel elektrische auto's gaan rijden zie je iets ontstaan maar het is nog niet dat het nu allemaal leidt tot netverzwaring.

Voor netverzwaring moet de helft van de straat een elektrische auto hebben ongeveer. Dan kun je wel uitrekenen hoeveel auto's er dan in Nederland moeten zijn. Dat is een beetje de duimregel, de helft van de straat. Voor zonnepanelen is dat nog veel meer, daar moet nog veel meer bij voordat verzwaring nodig is. In principe dan is er één keer per jaar misschien geen opwek mogelijk omdat er teveel zonnepanelen zijn, maar dat is dan niet ons probleem maar voor de gebruiker, hoewel dat natuurlijk wel hartstikke bijzonder is. Je moet dan weer gaan aftoppen. Qua tijd: verzwaring kan nu, interconnectie kan ook nu, grootschalige flexibiliteit afhankelijk van welke techniek nu doorzetten, zul je tussen nu en laten we zeggen tien jaar de eerste flexibiliteit bij de consument gaan zien verwacht ik. Daarna zal dat weer doorvertaald worden. Ik weet niet of dat jou wat helpt maar het is best lastig te voorspellen en daarop te reageren. Wij moeten vooral omdat wij kostenbewust zijn en we kunnen wel heel hard gaan starten met nieuwe diensten maar daar zijn wij niet voor op de aarde. Dat is toch aan de markt en energieleveranciers om slim op in te spelen. Dat zie je ook op grootschalig niveau. TenneT die nu al contracten hebben met elektrische voertuigenrijders. De grote partijen die achter elektrische voertuigen zitten die hebben veel elektrische rijders, veel volume dus. Wanneer het bijvoorbeeld druk is op het net van TenneT om dan op huishoudenniveau een hoeveelheid mensen op te laten laden of ze op te laten slaan dan heb jij ineens wel weer die balans. Die modellen ontstaan nu langzaam maar wel op groot niveau waarbij je heel veel auto's in een keer hebt, voor jou als klant wordt het wel moeilijk.

**Onderzoeker:** Je moet dus denken aan dat je begint bij de grootste bedrijven, dan de middelgrote bedrijven en als allerlaatste kom je uit bij de kleinverbruikers, de particulieren. Wat u in het begin vertelde over die zonnepanelen daar heb ik nog een vraag over. Stel je voor, je hebt een laagspanningsnetwerk en op dit netwerk worden op meerdere moment in het jaar meer elektriciteit op ingevoerd door zonneproduktie dan dat gebruikers zelf gebruiken. Kan het netwerk dan terugleveren naar het middenspanningsnet, is dat technisch gezien mogelijk?

**Dhr. Schouwenaar:** Waar knelt het? Bij de laagspanningskabel als je teveel teruglevering hebt dan gaan gewoon een paar zonnepanelen uit. Dat is het eerste wat er gaat gebeuren. Als je kijkt naar een logisch principe van wat er normaal plaatsvindt dan regel je het zo dat het ergens anders naartoe gaat. Je hebt een soort dijk en tot die dijk kan het water staan. Als het er overheen gaat dan stroomt de dijk over. In principe gebeurt dat automatisch op het elektriciteitsnetwerk. Die 50 hertz zorgt ervoor dat als er teveel wordt opgewekt dat het dan naar de straat ernaast gaat maar de transformator heeft een soort kritieke grens. Die heeft tien straten in zijn afvoerende velden. Binnen die tien straten wordt het geregeld. Dan heeft die transformator een soort bandbreedte, ga je over die bandbreedte dan wordt hij gewoon afgeschakeld. Je hebt wel enige speling maar het zit dus op verschillende niveaus. Op een straat heb je speling, die piek kan een bepaalde grootte aannemen maar wat meer waarschijnlijk is dat dit tegelijkertijd is en dan krijg je het effect dat elektriciteit niet meer naar een andere straat kan. Als je in het voorbeeld in de ene straat wel zonnepanelen hebt en in de andere straat niet, dan gaat de elektriciteit van de ene straat naar die andere straat. Maar is er heel veel zonnepanelen, dan hebben ze allebei overbelasting en dan zegt de transformator of eigenlijk dat net: 'We hebben geen plek meer.'

**Onderzoeker:** Dan knallen ze eruit dus. Want je kunt dan niet van het laagspanningsnetwerk via de transformator het middenspanningsnet op en dan naar een ander dorp zoals Eden of Dieren en de elektriciteit daar weer gebruiken?

**Dhr. Schouwenaar:** Je hebt verschillende beveiligingsniveaus, net zoals thuis. Je hebt een groepenkast. En als een groep overbelast wordt, dan springt die groep uit en de rest niet. Zo werkt het net ook. Als je een straat hebt als groep en je hebt alles in de meterkast en als dat allemaal netjes binnen de bandbreedte blijft dan springen er geen stoppen. Als er teveel wordt teruggevoerd in die straat dan sprint één groep eruit maar de rest niet. Als meerdere groepenkasten met elkaar verbonden zijn dan heb je hetzelfde effect. Eén meterkast springt er op een gegeven moment uit maar de rest niet. Zo werkt het elektriciteitsnet.

**Onderzoeker:** De maatregelen zijn dus eigenlijk te verdelen in maatregelen voor de spanningskwaliteit en maatregelen voor de capaciteit van het hele netwerk.

**Dhr. Schouwenaar:** Je moet echt denken in twee dingen: capaciteit en spanningskwaliteit. Spanningscapaciteit is in principe geen groot probleem, het doet zich lokaal, in de kabel of in de groep in het voorbeeld, en het is een tijdelijk probleem wat zich weer oplost want dan schakelt hij even uit en daarna gaat hij weer aan. Als je het hebt over capaciteit dan heb je een moment waarop er gewoon geen zonnepaneel meer aangesloten kan worden want de capaciteit van het net is vol. Daar moet je echt iets aan doen, daar moet je echt flexibiliteit hebben van het systeem want anders vang je het niet op dat moet eerst moet je gaan verzwaren. Op dit moment draait het vooral om verzwaren en als dat niet lukt gaan we voor tijdelijke flexibiliteit.

\*Tekent op een whiteboard een voorbeeld van hoe er op dit moment wordt omgegaan wanneer er door uitval een overcapaciteit op het netwerk wordt verwacht.\*

Zo kun je straks ook met gebruikers op individueel niveau inspelen. Als we op een bepaalde bandbreedte komen dan heb je een kritische, een oranje en een groene zone. Als we in de oranje zone komen dan gaan er wat alarmbelletjes af maar als we in de rode zone komen dan moet je echt euro's gaan neerleggen. Hier leg je wat geld neer om een soort veiligheid in te bouwen. Hier is alles groen en geloof je het wel. Dat is een beetje het model wat je ook aan kan denken. Het lijkt een beetje op Ziggo, de bandbreedte waarbinnen kun je gewoon handelen. Zo werkt het niet, je hebt nu soort aansluiting en iedereen mag het maximale.

**Onderzoeker:** Niemand staat erbij stil en zeker met de salderingsregeling ligt de focus alleen maar op produceren.

**Dhr. Schouwenaar:** Dat is het nadeel als de salderingsregeling wordt afgeschaft dan gaat waarschijnlijk ook flexibiliteit toenemen

**Onderzoeker:** Jullie denken dat dit de laatste verlenging van de salderingsregeling is?

**Dhr. Schouwenaar:** Ik weet niet. 2020, 2023 tot dan was het in ieder geval verlengd, daarna is altijd maar wat de politiek wil. Het hele dossier is wel een beetje politiek en technologisch dus dat is heel moeilijk te voorspellen. Hoeveel investeren wij jaarlijks in elektrisch vervoer of batterijtechniek? Dat weet ik niet maar als er opeens een subsidiepot komt voor een elektrische auto of hij wordt afgeschaft dan draait het weer om. Groen gas heeft de hele tijd een vlucht genomen omdat daar heel veel subsidie voor was. Toen was er even niks meer en dan zag je niks meer. We zien dat de ontwikkelen die we hebben heel erg subsidiegedreven, beleidsmatig zijn, terwijl tegelijkertijd ook radicale

veranderingen kunnen komen. Als Tesla elektrische vrachtwagens op de markt brengt dan gaat in een keer de transportsector elektrisch rijden. Als er een of andere slimme uitvinder iets bedenkt voor verwarming dan kan het ook snel gaan in plaats van gas. Dat is heel moeilijk te voorspellen en daarom proberen wij dus gewoon adaptief te reageren in plaats van te gaan voorspellen. We weten toch dat we in de afgelopen jaren er toch iedere keer naast zaten. We kunnen beter gewoon een soort brandbreedte aanhouden dan ga je in ieder geval de goede kant op.

**Onderzoeker:** Dat is inderdaad ook bekend van deze methode. In de tijdlijn ben ik nu nog een beetje aan het experimenteren omdat in watermanagement de tijd de variabele is in de schaalbalk. Ik ben aan het kijken om in plaats van tijd het aantal gigawatt wat decentraal opgewekt wordt in Nederland centraal te stellen. Dat je dus afhankelijk bent van wat de politiek wil maar dat je kijkt naar hoeveel er wordt opgewekt.

**Dhr. Schouwenaar:** Je kijkt dus naar de vraagkant en naar de aanbodkant. Aan de vraagkant zitten bijvoorbeeld elektrische auto's of het aantal warmtepompen en aan de aanbodkant zonnepanelen en wind. Die twee bepalen dan de balans. Als je opeens heel veel opwekt krijgt maar vanuit de vraagkant gebeurt er niks, dan kun je nog wel redelijk vooruit, wat maar als er vanuit de vraagkant opeens heel veel komt? Dan moet je iets doen.



## 11.5 APPENDIX III – TRANSSCRIPT NETBEHEER NEDERLAND

### Maurice Roovers – Programmamanager Energie Infrastructuur

Vrijdag 17 november 2017: 13:00 te Den Haag

*Maurice Roovers is programmamanager Energie Infrastructuur bij Netbeheer Nederland, de branchevereniging van netbeheerders. Hij is de initiator en voorzitter van het project 'Net van de Toekomst'. Dit project heeft in 2011 een rapport uitgebracht waarin aan de hand van vier scenario's aanbevelingen voor het verduurzamen van Nederland zijn opgesteld. Voordat de heer Roovers bij Netbeheer Nederland werkte hij in diverse rollen waaronder die van Compliance manager bij Intergas Energie, een regionale gasnetbeheerder (later opgegaan Enexis). Van origine is de heer Roovers een chemisch technoloog. Voordat hij in de energiesector ging werken is hij dan ook gedurende tien jaar werkzaam geweest in de procesindustrie, onder andere bij FrieslandCampina.*

**Dhr. Roovers:** Wij hebben als Netbeheer Nederland een rapport geschreven met daarin vier scenario's waarop is te zien hoe 2050 eruit kan zien. Het eerste scenario is een overwegend regionaal scenario, daarmee bedoelen wij dat er in dat scenario een sterke regionale sturing optreedt. Gemeentes die veel initiatief nemen om duurzame energie op te wekken, veel energie uit zon maar ook veel uit wind en regio's die zelfvoorzienend zijn zowel in hun warmtevoorziening als in hun elektriciteitsvoorziening en eventueel ook in de gasvoorziening. De regio's zelfvoorziening betekent ook veel zon-PV want je gaat dus niet uit van het nationaal scenario, waar ik dadelijk op terug kom. Dat geeft nogal wat vraagstukken. Een regionaal scenario is een vrij extreem scenario. Daarnaast hebben wij dus ook een nationaal scenario, daar ligt de nadruk op nationale regie, dat het rijk de regie pakt, bedoel ik daarmee. Het rijk pakt de regie in de grote projecten en zij zetten dan in op bijvoorbeeld het genereren van elektriciteit op zee. Dan krijg je dus de grote hoeveelheden productiecapaciteit van wind op zee waarvoor in ons scenario opslagfaciliteiten van elektriciteit in de vorm van waterstof dan echt een opslagmedium voor elektriciteit gaan worden. Dit is nodig zodat ook de elektriciteitsvraag van de zomer en winter overbrugt kan worden. Daarnaast is ook voor de windstille periodes waterstof een belangrijke opslagbron. Scenario 1 is lokaal, scenario 2 is nationaal. In het derde scenario zijn de nationale en regionale regie afwezig. In dat scenario gaan wij importeren. We zetten de sluisen en de haven van Rotterdam open. Een importscenario dus. Dat kan natuurlijk ook, maar de vraag is hoe verstandig dat is. Wat betekent dat voor de kosten? Wat betekent dat voor de risico's? En wat betekent dat voor de infrastructuur? Voor de infrastructuur is het natuurlijk halleluja, je hoeft er vrij weinig voor te doen. Het is niet nodig om het net in te richten op extreme zon-PV aansluitingen. De vraag is hoe verstandig dit is, jezelf helemaal afhankelijk te maken van het buitenland. Natuurlijk niet 100%, maar het is overwegend import. Dan is er nog een vierde scenario. Dat is eigenlijk een heel apart scenario. Er is in dat scenario geen regie regionaal, nationaal en import is ook geen wet van mede of persen. In dat scenario gaan we gewoon op basis van de CO<sub>2</sub>-prijshoging 100% verduurzamen. We verhogen net zolang de CO<sub>2</sub>-prijs, het is gewoon een knop waar je aan draait. Wat gebeurt er als jij aan die knop draait? Je draait net zo lang aan de knop totdat alles duurzaam is. Het wordt dan uiteindelijk een mix van energiebronnen maar we verwachten dat alles veel te laat wordt ingezet. De CO<sub>2</sub>-prijsknop is leuk en aardig, je kunt er veel mee bereiken. Je gaat wel de doelstellingen van 2050 missen en het komt erop neer dat je te laat plannen gaat maken want er wordt altijd gekeken naar de korte termijn. Die vier scenario's hebben wij naast elkaar gezet en er kwamen een

aantal dingen uit. Kosten voor de BV Nederland, kosten voor de energie-infrastructuur en de energiestromen die daarbij horen, wat dat dan ook moge zijn. Dat gaf voor ons wat eyeopeners. Die eyeopeners gaan wij aanstaande donderdag in ons rapport presenteren. Wat je goed kan zien dankzij die scenario's is de overlapping. Al die scenario's gaven aan dat waterstof een rol gaat spelen, wij gingen uit van een kostprijs van 3 euro per kilogram voor waterstof, wat eigenlijk een riante prijs voor de elektriciteit verzekerd. We gaan uit van vrij hoge waterstofprijzen terwijl dat toch een behoorlijk belangrijk product gaat worden voor de energiemarkt. Belangrijker dan dat wij dat tot nu toe gedacht hadden. Zo belangrijk zelfs dat het niet alleen voor hoogwaardige toepassingen gebruikt gaat worden. Hoogwaardige toepassingen zijn dus waterstof als grondstof, bijvoorbeeld bij de kunstmest. Op dit moment wordt aardgas als grondstof voor kunstmest gebruikt, maar je kunt het ook uit waterstof halen. Een andere hoogwaardige toepassing is de procesindustrie, die hele hoge temperaturen nodig heeft. Zij hebben behoefte aan een brandstof die dat aankan. Wat jij ook ziet is dat er in die prijs een kantelpunt zit voor laagwaardige toepassingen zoals bijvoorbeeld voor de hybride warmtepomp. Die kan het hele jaar pruttelen op gewone elektriciteit, maar als het koud wordt en er bij geschakeld moet worden kan hij met relatief weinig waterstof die pieken aan. Die pieken zijn eigenlijk niet te organiseren tegen redelijke kosten als jij het op een andere manier doet. Dit is al bij die kostprijs waar wij vanuit gingen. Voor die kostprijs, terwijl de inkt van het rapport nog niet droog is, worden wij eigenlijk gelijk al op terug gefloten omdat wij de afschrijvingstermijnen wel heel voorzichtig hebben ingeschat. We hadden ze langer kunnen maken. Als jij dat doet dan kom jij al op 2,40 euro uit voor een kilo waterstof. Dit is allemaal tijdens het schrijven van het rapport naar voren gekomen.

\*Vijf minuten van het interview zijn niet opgenomen door een technische storing in de opnameapparatuur.\*

**Onderzoeker:** Doordat het voorgaande gedeelte niet is opgenomen geef ik een korte samenvatting van dat gedeelte van het gesprek. De heer Roovers verwacht dat kernfusie economisch niet meer haalbaar is.

**Dhr. Roovers:** Dat klopt. Ik verwacht dat niet aangezien de prijzen die ik daarvan gezien heb recentelijk allemaal boven de 10 cent per kilowattuur zitten. Daar hoeft jij verder geen inspanningen meer voor te doen. Dat staat nog los van het hele verhaal over de vraagstuk met betrekking tot de vraag: waar haal je de grondstoffen vandaan? Zijn dat landen waar jij ze überhaupt wel van wil hebben, wil jij daar afhankelijk van zijn? En wat doe jij met het kernafvalprobleem? Dat is meer dan alleen een kostenvraagstuk. Dat gaat over maatschappelijk draagvlak. Kernfusie is een gelopen race. De Duitsers zijn echt niet op hun achterhoofd gevallen met de beslissing om kernenergie uit te faseren.

**Onderzoeker:** Wat betreft de elektriciteitsvraag richting 2050, u zei net dat u rond de twee tot twee en een halve keer meer elektriciteitsverbruik verwacht ten opzichte van nu. Met name door substitutie door warmte en vervoer.

**Dhr. Roovers:** Dat klopt. Voor warmte moet ik wel de nuance maken dat lang niet alle warmte gesubstitueerd kan worden. Het koken zal met name meer elektrisch plaats gaan vinden, net zoals de boilerwarmtevraag. De warmtevraag die over alle seizoenen constant is, is vrij gemakkelijk te substitueren. Daar kun je duurzame elektrische capaciteit voor opbouwen die rendabel is. Dan heb je het dus over koken, de tapwater en een heel klein beetje over de warmtepomp in delen van het jaar.

Op het moment dat er echt pieken gaan komen in de winter dan is het mijn overtuiging dat het dan verstandig is om met hybride technologie je te gaan werken

**Onderzoeker:** Om de piekcapaciteit in de winter af te vlakken?

**Dhr. Roovers:** Ja.

**Onderzoeker:** Wat verwacht u voor problemen voor het elektriciteitsnetwerk als de opwekking van hernieuwbare elektriciteit verder toe gaat nemen?

**Dhr. Roovers:** Bij een toename van elektriciteit uit wind verwachten wij minder problemen dan bij elektriciteit uit zon. Dat komt omdat bij wind veel meer rekening wordt gehouden dat het over langere afstanden wordt getransporteerd. Daar wordt bij voorbaat al rekening mee gehouden bij het aansluiten op het net, dat het makkelijk naar het hoogspanningsnet gaat omdat het over langere afstanden getransporteerd moet worden.

**Onderzoeker:** Ik begrijp dat er hoogspanningsnetwerk op zee gebouwd moet gaan worden. Is het aanleggen van zo'n hoogspanningsnetwerk complex vanuit een planologisch oog? Of is het eerder een technische zaak hoe TenneT in de zee een kabel aanlegt?

**Dhr. Roovers:** Dat is weer een ander facet. Het aansluiten van een windmolenpark op zee is meer een technische aangelegenheid van TenneT. Voor TenneT op land is het niet technisch maar echt een planologisch vraagstuk. Er is gewoon geen ruimte op land. Als TenneT met grote hoeveelheden stroom op land komt vanuit de windmolenparken die gebouwd gaan worden. Als je bijvoorbeeld uitgaat van ons nationale scenario dan praat je over zo'n 53 gigawatt op zee. Op zee is het vooral technisch, daar zijn niet zoveel ruimtelijke problemen. Op land mag jij ervan uitgaan dat het voor TenneT ondoenlijk is om het hoogspanningsnetwerk dat boven de grond ligt significant uit te breiden. Technisch is dat geen probleem maar met betrekking van het openen van nieuwe tracés door nieuwe gebieden is dat door inspraak een enorme klus. Wat je dan vaak hoort is: 'Laat TenneT het dan maar ondergronds aanleggen.' Er zijn inmiddels ook stukken die ondergronds zijn aangelegd, kleine stukjes. Het is alleen niet bewezen dat dit de voorzieningszekerheid dient. Het omgekeerde kun je ook zeggen: het is buitengewoon riskant. Op het moment dat die dikke geïsoleerde kabels, die veel verbindingen hebben, kapot gaan, hoe lang duurt het dan om de verbindingen te repareren? Wat betreft de leveringszekerheid is dat een groot risico. De 380 kilovolt infrastructuur is in vergelijking met de technologie van nu een stap terug wat betreft de voorziening zekerheid. Dus dat moet jij niet willen. Boven de grond is het niet gewenst. Voor TenneT is het op zee geen probleem maar op land een groot probleem vanwege de ruimte. Om terug te komen op jouw vraag over zon en wind: Windenergie is vrij gemakkelijk te transporteren. Daar wordt al rekening mee gehouden dat het over langere afstanden verplaatst moet worden en het zijn vaak ook grote parken die neergezet worden. Bij elektriciteit uit zon is dat een ander verhaal. De zon heeft als eigenschap dat die in heel ons Europese marktgebied op zo'n beetje hetzelfde moment schijnt. Zonnepanelen worden overal uitgerold, ze worden in België, in Duitsland en in Nederland uitgerold. Op het moment dat de zon hard schijnt wordt er overal elektriciteit uit zon geproduceerd. Je kunt op het moment dat het laagspanningsnetwerk te vol wordt door de opwekking uit zon de elektriciteit naar het middenspanningsnetwerk brengen. Als die laagspanningsnetten de middenspanningsnetten gaan voeden dan lopen ook de middenspanningsnetten te vol. Je kunt het dan wel naar het hoogspanningsnetwerk brengen, maar als

dat overal in Europa gebeurt dan schieten wij daar niks mee op. Dus dat hoogspanningsnetwerk gebruiken om over grote afstanden elektriciteit opgewekt uit zon te transporteren, dat gaat hem niet worden.

**Onderzoeker:** In het geval dat een heel laagspanningsnetwerk meer elektriciteit uit zon produceert dan dat er op dit net gebruikt wordt, is het dan technisch mogelijk om de opgewekte stroom van het laagspanningsnetwerk naar het middenspanningsnet werken te transporteren?

**Dhr. Roovers:** Dat kan zeker. Dat gebeurt nu ook wel, maar er is nu nog ontzettend weinig duurzame elektriciteitsopwekking. We zitten nog maar op zo'n 10%, nog net niet.

**Onderzoeker:** En vooral door het stoken van biomassa. 1,2% is uit zon.

**Dhr. Roovers:** Dat klopt inderdaad, de helft is biomassa. Maar als straks die hoeveelheden duurzaamheid significant worden voegt het weinig toe om zon over grote afstanden te gaan transporteren. Je zou dan eigenlijk moeten proberen om zon lokaal te gaan gebruiken. Het dag-nachtritme lokaal af te gaan vlakken met lokale buffering. Jouw huis staat bijvoorbeeld overdag elektriciteit te produceren maar jouw auto is de hele dag weg en die komt 's avonds pas weer terug. Je zou dan moeten proberen het lokaal op te slaan en het dan ook daar te gebruiken. Dat zou het model moeten worden van zon lokaal opslaan. Natuurlijk kun je altijd naar hogere netten, de komende tijd is dat nog wel nuttig, maar naar de toekomst toe moet je proberen het meer lokaal te houden, want als je dat niet goed niet regelt dan ga je van laagspanning naar middenspanning naar hoogspanning en het hoogspanningsnetwerk kan het ook niet kwijt. Er wordt namelijk van alle kanten elektriciteit opgewekt door zon ingevoerd. Je krijgt dan congestie op het net en dan moet jij het alsnog opslaan om het vervolgens weer van het hoogspanningsnetwerk terug naar beneden te transporteren. Je moet proberen om het zo te ontwerpen dat vraag en aanbod ook lokaal met elkaar in balans komen maar dan met betrekking tot het dag-nachtritme. Je hoeft niet een huishouden te vragen elektriciteit op te slaan voor de winter, maar wel voor de avond.

**Onderzoeker:** Denkt u dat voor het lokaal opslaan van elektriciteit een ander prijssysteem nodig is? Want waarom zou een consument elektriciteit lokaal opslaan zolang hij de opgewekte stroom mag salderen?

**Dhr. Roovers:** Salderen is een prijssysteem die het opslaan van elektriciteit niet helemaal faciliteert.

**Onderzoeker:** Eerder de-faciliteert?

**Dhr. Roovers:** Ja. Door het beëindigen van de salderingsregeling stopt dat, dat is al een prijsstimulering.

**Onderzoeker:** U denkt dat de salderingsregeling gaat eindigen?

**Dhr. Roovers:** Ja, volgens mij zijn daar al einddata voor gegeven. Het kan natuurlijk altijd verlengd worden, ik geloof dat het in 2023 afloopt.

**Onderzoeker:** Klopt.

**Dhr. Roovers:** Ik denk dat het wel een keer gaat eindigen, omdat als het niet beëindigd wordt dan denk ik dat het wel zo rechtvaardig is dat degene die een eigen accu heeft een voordeel heeft ten opzichte van iemand die dat niet heeft. Ik denk wel dat het nuttig is om dit te stimuleren. Een eigen accu is misschien niet het meest handige, een beurtaccu is ook een optie ik denk wel dat het nuttig is om dit soort dingen te stimuleren, vooral voor het moment dat dit nodig is.

**Onderzoeker:** Kunt u een inschatting maken wanneer dit moment plaats gaat vinden?

**Dhr. Roovers:** Het hangt er ook af van waar de zonnepanelen zijn opgesteld. DNG-VL heeft daar een rapport over opgesteld. 16 gigawatt noemden zij, misschien wat aan de hoge kant. Volgens hen zou 16 gigawatts geen problemen in het net veroorzaken. Ik denk dat daar wel wat nuances op te maken zijn, maar je moet wel aan behoorlijke hoeveelheden denken voordat er echt problemen ontstaan. Onder de 10 gigawatt is er nog niet zoveel aan de hand. Je moet natuurlijk niet wachten tot dat die grens bereikt is, je moet anticiperen op het doorgroeien. In ons nationale scenario gaan we door tot 34 gigawatt, dan is het nuttig dat je tijdig geanticipeerd hebt op lokale buffering. Je moet daar tijdig op anticiperen. Lokale opslag is nuttig voor het energiesysteem maar ook voor de consument. De auto's gaan daar ook significant aan bijdragen.

**Onderzoeker:** Ziet u daar kansen in?

**Dhr. Roovers:** Auto's gaan elektriciteit opslaan. De vraag is of de auto's dan wel op de goede plek staan, want de woonwijken gaan binnenkort significant opwekken, en dan staan daar geen auto's. We moeten kijken hoe dat zich met elkaar gaat verhouden.

**Onderzoeker:** \*Laat eerst de eigen conceptversie en daarna de originele versie van de dynamic policy pathway map zien en legt uit de theorie daarachter kort uit.\*

Ik probeer uit of ik deze methode ook kan gebruiken voor het managen van het elektriciteitsnetwerk in zijn geheel.

**Dhr. Roovers:** \*Bestudeert de acties van de originele policy pathway map.\*

We hebben dus natuurlijk ook enerzijds onze vraagsturing, dat is wat ik net zei, bijvoorbeeld door een buurtbatterij neer te zetten. Dan ben je bezig met lokale vraagsturing. Je creëert vraag op momenten dat er feitelijk geen vraag is, dat die accu wordt opgeladen. Je kunt met vraagsturing ook het warm tapwater overdag warm laten worden. Vraagsturing is absoluut een belangrijk onderdeel.

**Onderzoeker:** Het uitgangspunt is dat je ervan uitgaat dat het aantal decentrale niet-regelbare opgewekte elektriciteit in gigawatt wat wordt opgewekt toeneemt. Welke maatregelen of acties denkt u dat er nodig zijn om de problemen die door deze toename worden veroorzaakt te tackelen? Kleinschalige en grootschalige opslag hebben we net besproken.

**Dhr. Roovers:** Ik denk dat je een aantal dingen uit elkaar moet trekken. Zon en waterstof, ik denk nog niet dat die zo heel snel gaan komen. Ik denk niet dat zonnepanelen gekoppeld gaan worden aan waterstof. Aan de ene kant denk ik dat jij jouw lokale zonproductie hebt en aan andere kant jouw lokale windproductie. Daarmee zou jij je lokale zonproductie heel goed met demand sturing kunnen

regelen, dat jij zorgt dat jouw productie overdag afgenomen gaat worden. Daar zit dat stukje opslag in, van die batterij. De vorm van opslag kan ook met warm water aftappen later worden gedaan.

\*Bestudeert de originele policy pathway map verder.\*

Met zonnepanelen valt er weinig in de supply te regelen. Met elektriciteit in zijn totaliteit natuurlijk wel. Je hebt dadelijk drie grote bronnen: zon, wind en back-up. Je zult altijd centrales blijven houden, of brandstofcellen. Generatoren zul jij nodig hebben in het geval van weinig wind en zon bij te kunnen produceren. Dat is zeer vergelijkbaar met watermanagement. Daar heb je van die pompgemalen die een paar keer per jaar aan en uit gaan en soms staan ze een beetje bij te pruttelen. Dat krijg jij straks bij elektriciteit ook. Je krijgt straks dat alles functioneert maar dat op bepaalde tijden van het jaar bijgeschakeld zal moeten worden vanuit de centrale. Wij gaan ervanuit dat ook die centrales op den duur duurzaam gaan worden. Dan krijg je duurzame brandstoffen, dat zullen geen biomassa bijstook zijn. Het draagvlak daarvoor is niet groot en het is een beetje zonde. Je kunt daar ook waterstof voor gaan gebruiken. Regelbaar vermogen ga jij straks groot en klein hebben. Men is nu al volop bezig met klein. Naast het opslaan van elektriciteit wordt nu ook al geëxperimenteerd met Vehicle-to-Power. Dat zijn auto's die niet alleen laden maar ook terugleveren. Uiteindelijk moet het net ook ondersteund kunnen worden op het moment dat het afgezwakt wordt omdat er te weinig duurzame bronnen zijn op dat moment. Demand kan twee kanten op, je kunt vragen hebben maar je kunt ook terugleveren.

**Onderzoeker:** \*Geeft uitleg over de map en noemt de conceptacties op.\*

Voor de vertaalslag naar elektriciteitsmanagement vind ik het lastig om de acties in te delen. Ik heb op basis van rapporten een inventarisatie gemaakt. Ik heb nu kleinschalige opslag, grootschalige opslag, aftoppen van productie, flexibilisering van de elektriciteitsprijs, het uitbreiden van de verbindingen naar het buitenland.

**Dhr. Roovers:** Investeren met het buitenland is ook een belangrijke. Maar dat moet je ook niet overschatten want als wij willen exporteren naar het buitenland dan wil het buitenland dat ook. Straks ook op hetzelfde moment.

**Onderzoeker:** Ik probeer een inschatting te maken om te kijken of ik deze methode kan gebruiken voor elektriciteitsmanagement.

**Dhr. Roovers:** Ik denk het wel. Ik zou een plan maken voor windenergie en een plan voor zonne-energie. Op het moment dat er te veel zon komt in het rapport van DNV-GL, kun je demand sturing doen, je kunt ook gaan opslaan. Je praat dan over de laag- en middenspanningsnetten, je neemt maatregelen om die netten zo veel mogelijk te ontlasten zodat hij het ook aankan. Bij wind zit je op hoogspanning- en middenspanningsnet. Daar doe je andere dingen. Wat jij bijvoorbeeld doet op het moment dat je bij wind het aandeel duurzame elektriciteit opwekt. In dat geval dient met urgentie de maatregel aan het te gaan opslaan. Dan krijg jij echt die waterstof- of transitievraag. Die komt bij wind op zee op, die komt minder op die zonne-energie. Bij zonne-energie heb je kleinschalige lokale opslag, dat is geen elektrolyse. Waterstoftechnologie is hiervoor veel te duur. Bij windenergie komt het wel op. Ik zou dus echt twee verschillende voedingsbronnen, elektriciteitsbronnen pakken en die op elkaar leggen. Voor zover dat kan. Dan moet er nog eentje bij komen voor het balanceren. Dat zijn dan de generatoren die je altijd achter de hand houdt, voor zover dat net instabiel word. Dan ga je kijken wat

zijn de pieken die je kunt krijgen en hoe kunnen die opgevangen worden. Je probeert ze van tevoren of te vangen met accu's, of met afschakelen. Daar valt veel te regelen. Dan moet er alleen nog een dingetje komen voor balanceren. Dit is de dagelijkse klus van TenneT.

**Onderzoeker:** Voor mijn onderzoek ga ik de nadruk leggen op decentrale elektriciteitsopwekking.

**Dhr. Roovers:** Dat is beter inderdaad, dan pak jij het grootste vraagstuk. Dat blijkt ook uit ons rapport, het lokaal opwekken is vele malen complexer dan het nationaal opwekken en dat zit in het zonnestuk. Het is wel verstandig om daar de focus op te leggen omdat je daar echt boodschappen mee kunt genereren. Ik adviseer je om het rapport van DNV-GL hiervoor te gebruiken.

## 11.6 APPENDIX IV – TRANSSCRIPT LIANDER

### Martijn Bongaerts – Senior Programmamanager EnergieTransitie

Woensdag 20 december 2017: 14:00 te Arnhem

*Martijn Bongaerts is in 1998 begonnen met werken bij Nuon. Via de functie van consultant is hij gedurende de periode april 2002 tot en met oktober 2008 beleidsadviseur Strategie geworden. Na de splitsing van Nuon naar een productie- en een transportbedrijf is de heer Bongaerts meegegaan naar Alliander waar hij zich tussen november 2008 en februari 2011 heeft beziggehouden met de transitie naar een duurzaam energiesysteem. Via de functie van Manager Innovatie bij Liander is hij sinds november 2013 Senior Programmamanager EnergieTransitie. Hij werkt op de afdeling die zich bezig houdt met wat de EnergieTransitie voor impact heeft op het assetmanagement van Liander. De heer Bongaerts zoekt onder andere uit wat de impact van duurzame technieken zoals zon-PV, elektrische voertuigen en warmtepompen hebben op de netten. De heer Bongaerts heeft met een master in Electrical and Electronics Engineering aan de TU Eindhoven een technische achtergrond.*

**Dhr. Bongaerts:** Waar ik heel erg mee bezig ben is met wat er allemaal gebeurt in de energiewereld, de energietransitie. Wat komt er allemaal op ons af? Wat doet de buitenwereld? Wat is de impact op het energiesysteem? Op de netten? En wat maatschappelijk gezien handiger zijn om te doen? In de wetten staat heel precies wat wij als netbeheerder moeten doen. Er komt een klant, die heeft een aanvraag voor een aansluiting. Wij vragen: 'Hoeveel heeft u nodig? Een kilowatt, twee kilowatt, megawatt.' Wij hebben een tabel waarin staat: u bent in deze categorie, u krijgt deze aansluiting en daar betaalt u dit voor, 40 jaar lang. Weet je precies wat je betaalt. Het is zeer de vraag in de huidige energievoorziening die er aankomt of dat nog steeds de manier is. Het is wel een dure manier, los van die aansluitingen, jij moet ook zorgen dat al die aansluitingen bij elkaar komen op het net en dat het net dat ook allemaal aankan. Ik ben continu op zoek of dat beter, maatschappelijk goedkoper of betrouwbaarder kan om die duurzaamheid verder te helpen.

**Onderzoeker:** Kijk jij vanuit het perspectief van alleen Liander, wat voor jullie goedkoper is of kijk jij vanuit het perspectief van het netwerk van alle netbeheerders samen?

**Dhr. Bongaerts:** Of nog breder. Dat is een hele goede discussie. Wat ik probeer hier binnen te krijgen is dat wij een soort van MKBA gaan maken. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse. Niet zozeer om de kosten van Liander te bekijken, daar kan namelijk verschil in zitten. Jij stelt een andere vraag. Kijk je naar Lianderkosten of naar de kosten van alle netbeheerders. Ik weet alleen niet hoe ik dan moet kijken naar Enexis- of Stedinkosten. Ik heb geen invloed op de kosten van een Enexis.

**Onderzoeker:** Stel je voor: je bent bezig een oplossing te maken op het schaalniveau van het hele elektriciteitsnetwerk van Nederland. Als jullie als Liander deze oplossing zelf zouden doen dan lopen jullie schaalvoordelen mis. Daar hebben jullie minder voordelen wanneer jullie dit samen met andere netbeheerders samen zouden doen. Zijn jullie bezig met dit soort zaken, denken jullie daarover na? Ik geef even een concreet voorbeeld: grootschalige energieopslag. Je zet in een aantal provincies en gemeentes grote batterijen neer, ik praat nu wel over 10 of 20 jaar verder natuurlijk, en om dat te doen heeft het natuurlijk weinig zin als jij dit alleen in het gebied van Liander doet. De verwachte



ontwikkelingen vinden plaats in heel Nederland en vragen om dezelfde soort oplossingen en het werkt niet als Enexis bijvoorbeeld andere maatregelen neemt.

**Dhr. Bongaerts:** Het grappige hieraan is dat wij geen concurrenten van elkaar zijn, maar stiekem wel een beetje. Op het moment dat wij innoveren, weten wij precies wat Enexis of Stedin doen als jij het over pilots of projecten met opslag hebt. Wij zijn hierin heel open naar elkaar en kennis en ervaringen worden uitgewisseld. Dat is geen probleem. Op het moment dat jij het ook werkelijk operationeel gaat toepassen worden wij trouwens door de ACM gebenchmarkt. Regulatorisch worden de kosten van ons vergeleken met die van de andere netbeheerders.

**Onderzoeker:** Dat jullie binnen een bepaalde bandbreedte blijven, zeg maar?

**Dhr. Bongaerts:** Wij moeten efficiënt worden. Wij zijn een monopolist, de ACM wil onze tarieven omlaag, om het betaalbaar te houden. Dat is ook goed denk ik. Het spelletje dat de ACM doet is dat degene die het meest efficiënt is, de hoogste tarieven mag hanteren. Als wij minder efficiënt zijn, worden wij gekort op de tarieven en dat is een incentive om het beter te gaan doen. Als een netbeheerder efficiënter is dan maken zij meer winst, wat dat dan precies is, is altijd interessant. Uiteindelijk zijn onze aandeelhouders provincies en die krijgen een bepaald dividend. Daar zit een spanning in. Wij willen het graag beter doen als je het hebt over opslag bijvoorbeeld. De toolkit die onze netplanners hebben is voor het overgrote deel technisch gezien hetzelfde als die van de andere netbeheerders. Wij kunnen opslag gaan toepassen, maar zodra wij het een keer gedaan hebben, kan een concurrent het ook zo doen. We zijn daar open en transparant over. Andere netbeheerders kunnen zo hetzelfde doen. Het is denk ik dat wij zo open met elkaar communiceren, dat daar zoveel strijd tussen zit. Je ziet wel dat er veel andere keuzes gemaakt worden en dat er een andere filosofie zit in hoe het net beheerd wordt. Enexis heeft bijvoorbeeld een hele andere netstructuur. Deels historisch gegroeid, maar wij maken op de een of andere manier hier wel andere keuzes in. Dat is best apart, de elektrotechniek die erachter zit is wel hetzelfde. Het gereguleerde systeem dat erachter zit is ook hetzelfde.

**Onderzoeker:** Hoe de netten zijn opgebouwd, verbonden met elkaar zijn...

**Dhr. Bongaerts:** Er zit vanuit de historie verschil tussen. Dat zou wel betekenen dat we een ontwerp of richtlijnen hanteren. Dat doen wij alleen niet en dat daar verschil in zit en dat is altijd verklaarbaar door geografische ligging. Er zijn zo veel verschillen tussen het buitengebied en de stad, daar maak je keuzes. Enexis heeft veel platteland. Stedin over het algemeen alleen maar binnensteden; Rotterdam, Den Haag.

**Onderzoeker:** Het zit bij hun ook al in de naam.

**Dhr. Bongaerts:** Daar komt het ook vandaan. Wij zitten daar een beetje tussenin. We hebben Amsterdam als hele grote vlek met veel klanten in de stad. Wij hebben ook de Achterhoek, Noord-Holland en Flevoland. Wij zijn een soort gemiddelde daarin.

**Onderzoeker:** Voor mijn onderzoek ben ik ben bezig met een methode uit het watermanagement die ik heb geleerd tijdens mijn studie. Deze methode vanuit het dynamische adaptief plannen omvat een metro map met daarin acties die genomen kunnen worden voor een infrastructureel netwerk. Ik ben

aan het kijken en aan het verkennen of deze methode ook toegepast kan worden op het gehele elektriciteitsnetwerk van Nederland. De periode die ik gekozen heb is tussen nu en 2050. Als eindpunt is een CO<sub>2</sub>-reductie van 80 procent genomen. Als je ervan uitgaat dat dit gaat gebeuren, dan moet er wel een ontwikkeling plaatsvinden in hoe elektriciteit wordt opgewekt. Wat uit mijn vooronderzoek naar voren kwam is dat wanneer er veel elektriciteit opgewekt gaat worden met zonnepanelen, dat dit voor de netbeheerders de meeste gevolgen voor hun netwerk gaat hebben. Vanuit het perspectief van Liander, kun jij zeggen wat jullie verwachten tussen nu en 2050 aan de productiekant van elektriciteit?

**Dhr. Bongaerts:** Wat wij doen als Liander, is werken met een model. Wij kunnen de toekomst niet voorspellen. Wij hebben een aantal scenario's, bijvoorbeeld voor de opkomst van zonne-energie. Dat doen wij ook voor elektrische auto's, voor warmtepompen, voor wind, hoewel die net iets minder, maar die zit er wel deels in. Wat wij doen met zonnepanelen: we hebben een laag scenario en een hoog scenario. Wat wij op dit moment in die scenario's als beperking hebben is dat het niet kan dat er meer zonnepanelen op een dak komen te liggen dan dat er onder aan elektriciteit gebruikt wordt. Daar heb ik mijn twijfels bij.

**Onderzoeker:** Hoe bedoelt u dat?

**Dhr. Bongaerts:** Als ik een dak heb en ik alleen maar het vermogen aan zonnepanelen op mijn dak heb liggen wat ik zelf gebruik. Stel dat ik maar de helft van mijn dak nodig heb en mijn buurman heeft een dak op het noorden. Hij kan niet evenveel vermogen aan zonnepanelen neerleggen wat hij zelf aan elektriciteit gebruikt. Hij kan beter mijn dak gebruiken dan zijn eigen dak.

**Onderzoeker:** Dat zit regulatorisch ingewikkeld in elkaar op dit moment toch?

**Dhr. Bongaerts:** Klopt. Regulatorisch en belastingtechnisch ligt dat ingewikkeld in elkaar. Voor een 80% CO<sub>2</sub>-besparing kunnen we niet die luxe stomme belastingregeltjes in de weg te laten zitten. We moeten energie oogsten waar dat maar kan. Wij hebben niet de luxe om niet van mijn dak te gebruiken. Ik geloof ook in het feit dat zonnepanelen zo goedkoop worden dat alles zonne-energie gaat opwekken. Daar houden wij nog geen rekening mee. Wij hebben een scenario met laag, midden en hoog. Dat doen wij trouwens tot 2030, dat doorrekenen. Naar 2050 uitkijken, dat doen wij nog niet. Hoeveel dagen ervoor komen gemaximaliseerd tot de energievraag onder dat dak. Dat rekenen wij door en wij kijken of de netten die wij hebben dat aankunnen. Wanneer komen zij in de problemen? Welke uitbreidingen moeten wij doen?

**Onderzoeker:** Wat voor problemen verwachten jullie, op basis van jullie hoge scenario's?

**Dhr. Bongaerts:** Je ziet dan dat in de komende jaren nog wel meevalt. Bekijk jij het macro-economisch. Of kijk jij op lokale schaal?

**Onderzoeker:** Macro.

**Dhr. Bongaerts:** Wij rekenen dan uit welke transformatorstations op hoeveel kilometer kabel je nou moet verzwaren. Als jij dat vergelijkt aan de omzet die Liander heeft, dan is dat best wel klein. Aan de ene kant zeggen ze: 'Klein probleem.' Daar heb ik persoonlijk altijd een beetje moeite mee. Als jij de scenario's vijf jaar doortrekt dan zit er een exponentieel getal in. In 2025 heb jij geen probleem.

Daarna weten wij het niet helemaal meer zeker. Het aantal zonnepanelen groeit maar door en het probleem wordt volgens mij alleen maar groter. Wat kun jij nog uitrekenen en in welk toekomstscenario's geloof jij nog? Een toekomstscenario waarin alles vol ligt met zonnepanelen en wegen die zon opwekken, je kunt vanalles verzinnen wat technisch ook nog haalbaar is. We rekenen alleen niet alles door. We rekenen alleen door wat we kunnen onderbouwen.

**Onderzoeker:** Dat lukt tot 2025?

**Dhr. Bongaerts:** Of 2030 inderdaad en dat is, vind ik persoonlijk, wel een beetje eng. Wij beperken ons volgens mij met name met zon. Daar zit nog zoveel ontwikkeling in, met name de wet van Moore, waarin elk jaar een verdubbeling plaatsvindt, dat geldt ook voor zonnepanelen want dat zijn ook halfgeleidermaterialen en een wet van Moore-achtige tendens zie je ook bij zonnepanelen. Een mens kan volgens mij alleen lineair denken. Wij kunnen geen toekomst voorstellen waarbij er een exponentiële groei plaatsvindt en daardoor durven wij ook niet door te rekenen. De toekomstscenario's worden altijd lineair doorgetrokken.

**Onderzoeker:** Maar Liander moet natuurlijk wettelijk gezien wel kunnen blijven faciliteren.

**Dhr. Bongaerts:** Dat zullen wij te allen tijde blijven doen. We hebben ook altijd een oplossing: kabels bijleggen. Is dat maatschappelijk ook de beste oplossing? Dat wij kabels aanleggen?

**Onderzoeker:** Wat zouden voor jullie de alternatieven zijn?

**Dhr. Bongaerts:** Het belangrijkste wat je volgens mij morgen moet doen is niet alle pieken willen faciliteren. De piek van zonnepanelen faciliteren is heel dom. Een zonnepaneel wekt maar heel weinig uren van het jaar zijn piekvermogen op en er komt maar heel weinig energie uit de piek.

**Onderzoeker:** In juli om 2 uur dan heb je de piek van zonnepanelen, en in de rest van het jaar...

**Dhr. Bongaerts:** De rest van het jaar gebruikt een zonnepaneel onder de 70% van zijn maximale vermogen. Laten wij nou een draagstructuur voor 70% aanleggen, dat scheelt heel veel geld in de infrastructuur en het is maar heel weinig duurzame energie dat weggegooid wordt. Die brede redenering durven wij niet te maken. Het staat ook in de wet: gij zult altijd faciliteren. Daar moeten wij van af. Dat is al een alternatief die heel veel pijn verzacht.

**Onderzoeker:** Ligt dit bij Liander om dit aan te kunnen passen, kunnen jullie als bedrijf zelf genoeg druk op de wetgever uitoefenen?

**Dhr. Bongaerts:** Wij kunnen zelf niet codes wijzigen. Je hebt een Energiewet en een secundaire wetgeving. Daarin zitten de codes waaraan wij moeten voldoen. Wij kunnen die zelf initiëren om die te laten veranderen, maar wel altijd onder de vlag van Netbeheer Nederland. Altijd gezamenlijk met de andere netbeheerders dienen wij samen een netcodewijziging in. Daarna wordt de markt geconsulteerd en dan ben je drie of vier jaar verder voordat je ook maar enige aanpassingen hebt. Dat zijn hele trage processen. Dat is het enige wat wij zelf kunnen doen. Je probeert op meerdere manieren met stakeholders in de zonne-energiebranche wat, of met de leveranciers probeer jij gedachtegoed met elkaar te delen. Zo zijn er wel meerdere wegen om het te beïnvloeden. Je had ook nog andere alternatieven?

**Onderzoeker:** Inderdaad, daar ben ik naar op zoek voor mijn onderzoek.

**Dhr. Bongaerts:** Waar wij ook heel druk mee zijn, gezamenlijk met de branche, is het gebruiken van flexibiliteit. Wij proberen nu ook een flexmarkt van de grond te trekken zodat klanten hun flexibiliteit kunnen verkopen via een aggregator, een nieuwe marktpartij die bij klanten flexibiliteit inkoopt. Een aggregator kan die weer verkopen aan ons of aan marktpartijen, energieleveranciers of programmaverantwoordelijke partijen.

**Onderzoeker:** Als ik dit concreet maak: als particuliere energiegebruiker geef ik toestemming dat via de slimme meter, als de vraag hoog is, mijn elektriciteitsverbruik wordt afgeschakeld, dat mijn wasmachine uitgaat en als de elektriciteitsprijs laag is, dat mijn wasmachine of droger juist weer aan gaat. Moet ik daaraan denken?

**Dhr. Bongaerts:** Zoiets. Persoonlijk denk ik dat het niet met een wasmachine gaat werken. Het principe, het concept werkt wel. Dan kunnen wij als netbeheerder een contract met jou afsluiten. Het jammere is dat wij het alleen nodig hebben om de pieken af te vlakken. Dat is alleen in de wintermaanden, zoveel dagen per jaar hebben wij dat nodig. Die wasmachine van jou heeft ook de andere tijd van het jaar veel flexibiliteit wellicht. Daarmee kunnen wij ook onbalans of andere problemen oplossen. Daarvoor is de gedachte dat we een nieuwe marktpartij in een nieuwe rol van aggregator oprichten die de flexibiliteit van jouw wasmachine aan ons verkoopt als wij het nodig hebben. Op de andere tijdstippen verkoopt hij het aan de Nuons en Essents van deze wereld. Dan is jouw flexibiliteit veel meer waard doordat jij waardegebieden met elkaar stapelt. Je krijgt dan veel meer geld om je was uit te stellen dan wanneer je het aan ons zou verkopen.

**Onderzoeker:** Precies, ik snap hem inderdaad. Je krijgt er dan een speler bij op de energiemarkt.

**Dhr. Bongaerts:** Klopt. Nou ja, een nieuwe rol. Misschien is dat wel een rol van Nuon of Essent of de Albert Heijn. Iedereen kan dit zijn want het is in ieder geval een nieuwe rol in de markt en dat zijn wij nu heel concreet aan het invullen. Wij hebben sinds vorige week een pilot waarmee wij een aggregator betalen voor het leveren van flexibiliteit die hij in heeft gekocht bij een klant. Mag dat? Dat is misschien jouw vraag. Nou, deze pilot zijn we dat aan het leren. Wij denken dat het nog wel mag. Wij zien het ook als voorbeeld van 'Hoe zou dat nou eigenlijk werken?'

**Onderzoeker:** En werkt het?

**Dhr. Bongaerts:** Goede vraag. Het loopt net een weekje.

**Onderzoeker:** Het is nog iets te vroeg.

**Dhr. Bongaerts:** Net te vroeg. Een andere alternatief is die van opslag. Opslag heb je en die kun jij ook in zo'n constructie zoals ik die net beschreef gebruiken. Als jij een opslagsysteem of een wasmachine voor ons hebt dan heeft dat misschien dezelfde impact. Wat jij technisch in jouw huis hebt om flexibiliteit te leveren, maakt ons misschien niet uit. Je kunt ook echt als netbeheerder opslag neerzetten om je pieken uit het net te halen. Dan kom je regulatorisch in een schimmig gebied. Op het moment dat wij opslag in ons net zetten en wij gaan op tijdstip X er energie in stoppen en op tijdstip Y komt het er uit.

**Onderzoeker:** Dan gaan jullie handelen?

**Dhr. Bongaerts:** Dan heeft het een andere waarde. Ben je dan aan het handelen? Je bent in elk geval de handel aan het beïnvloeden.

**Onderzoeker:** Kunnen jullie dan ook in plaats van het zelf te gaan doen, marktpartijen initiëren of aansporen?

**Dhr. Bongaerts:** Als die aggregator van net in zijn portefeuille een batterij neerzet.

**Onderzoeker:** Een hele grote?

**Dhr. Bongaerts:** Ja, maar het mag ook bij elk huishouden een kleintje zijn, of een hele grote. Kunnen wij hem betalen om die opslag in te zetten om onze pieken weg te halen en de rest van de tijd voor zijn eigen handel? Jazeker. Die optie is wellicht het gunstigste omdat jij dan de maatschappelijke businesscase, de businesscase van opslag veel beter maakt. Je verdient geld bij ons en je verdient geld op andere markten. Ik denk dat die businesscase het gunstigste is als je die combineert met elkaar waarbij het fysieke net de grenzen van de markt beperkt.

**Onderzoeker:** Vandaar ook mijn vraag: hoe zit dat als jij een opslagbatterij hebt waarbij er meerdere netbeheerders van de voordelen profiteren?

**Dhr. Bongaerts:** Jij zegt: 'Meerdere netbeheerders van een batterij profiteren,' maar dat is bijna onmogelijk. Een opslagsysteem heeft al een bepaalde fysieke locatie waar die zit, dus als jij landelijk gezien een hele grote opslagsysteem neerzet, zoals in de Noordzee, maak je een eiland voor energieopslag, dat helpt Liander niks en Enexis ook niet. Dat komt omdat die te hoog in het systeem zit.

**Onderzoeker:** Jullie problemen zitten in de laagspanningsnetten.

**Dhr. Bongaerts:** Per definitie lokaal. Wil jij onze problemen oplossen, dan moet het ook lokaal.

**Onderzoeker:** De problemen voor de netbeheerders liggen in de dag-nacht balancerings?

**Dhr. Bongaerts:** Nee. Ik weet niet precies wat jij daarmee bedoelt. De problemen zitten niet per definitie in de dag en nacht. De netbeheerdertaak is om elke piek te faciliteren die er voorkomt. Het net moet het altijd doen. Het probleem is dat die piek misschien helemaal niet voorkomt.

**Onderzoeker:** Ik bedoel met dag-nacht dat overdag zonnepanelen bijvoorbeeld veel op gaan wekken, dan heb je overdag en pieken. Overdag wordt dan geleverd terwijl de elektriciteit 's nachts wordt gebruikt.

**Dhr. Bongaerts:** Het probleem is in de zomer, die vraag is er niet. Wij hebben heel graag vraag en aanbod op dezelfde tijd. Als wij die zonnepiek 's nacht zouden kunnen hebben, ik bedoel om 19:00.

**Onderzoeker:** Als iedereen thuiskomt.

**Dhr. Bongaerts:** Als je naar huishoudens kijkt, inderdaad. De zomerpiek is om 12:00, dan wekken zij het meeste op. Iedereen is dan aan het werk, ze zijn niet thuis. Je wilt die naar 18:00 als iedereen thuiskomt verplaatsen. Dat zou ideaal zijn.

**Onderzoeker:** Zien jullie ook kansen vanuit de elektrische auto's?

**Dhr. Bongaerts:** We zien kansen en bedreigingen in de elektrische auto. Stel dat jij een elektrische auto hebt, maar die ga jij thuis opladen. Je hebt natuurlijk allerlei andere systemen met snelladen. Stel dat jij hem thuis gaat opladen, dat betekent dat het elektriciteitsgebruik thuis verdubbeld. Het doemscenario bij ons is: je komt thuis kom maar steekt de stekker in het stopcontact en iedereen komt om 18:00 uur thuis. Dat zou kunnen betekenen dat jij het elektriciteitsnet factoren zwaarder moet uitleggen dat wel zes, zeven of tien keer zo zwaar moet worden dan dat wij gewend zijn. Het is zeer de vraag of iedereen op hetzelfde tijdstip thuiskomt en dan om 18:00 uur gaat opladen. Het is wel een grote bedreiging dus daar moeten wij volgens mij iets slims voor verzinnen. Voor de meeste mensen is het namelijk geen enkel probleem om op te laden na 21:00, je hoeft niet allemaal tegelijkertijd op te laden. Dat is de bedreigende kant. Aan de andere kant is de auto elektrisch, je kunt hem ook zien als een batterij op wieltjes. Op het moment dat je het nodig hebt kun je hem ook weer ontladen als jij zou willen. Dat is een hele grote kans. Zeker ook als jij beseft dat een auto voor de grootste tijd stilstaat, de tijd dat zijn rijden...

**Onderzoeker:** 2 uur per dag maximaal?

**Dhr. Bongaerts:** ik heb altijd 17% van de tijd gehoord, de gemiddelde auto. De rest van de tijd staat hij ergens stil. Zou jij er nou voor zorgen hij op dat moment aan het elektriciteitsnet is gekoppeld, dan is het een ideale bron van opslag die niet gegarandeerd op een locatie staat. Als je het statistisch bekijkt kom je een heel eind. Met big numbers heb je ook big opslag. Dat zou echt een hele mooie kans zijn. Het mooie daarvan is dat jij ook dit bij elkaar op kan tellen. Je hebt mobiliteitsfunctionaliteiten, je kunt met een auto rijden, maar tegelijkertijd helpt dit het energiesysteem. Daar komen sectoren bij elkaar. Wij vinden het nog wel moeilijk waardes over meerdere sectoren in de maatschappij te ontsluiten.

**Onderzoeker:** Ja, hoe ga je dat doorrekenen, inderdaad?

**Dhr. Bongaerts:** Wie heeft er baat bij, dat is altijd ingewikkeld. Om een vergelijking te maken. Wij zitten ook in het project met de Solarroad. Een weg die uit zonnepanelen bestaat. Heel toevallig kwamen wij op SBS Hart van Nederland, daar was een item dat ging over maatschappelijk geld over de balk smijten. Er ligt 100 meter zonneweg in Krommenie. Een fietspad van 100 meter met zonnepanelen, een pilot. Veel te duur, heel weinig elektriciteit. Het is een pilot dus de prijs is per definitie te hoog. Maar wat zaten ze te doen? Dat het een pilot, een prototype is, eens. Een fietspad is niet efficiënt, want op het dak kunnen zonnepanelen veel beter liggen, daar heb je een ideale helling. Een zonnepaneel op het dak wekt veel meer op dan een wegdek. Dus zei ze: 'Dat moet je niet willen. Je moet het op het dak leggen. Dan vergeet je dat het een gecombineerde functie is. Je hebt een zonnepaneel waar je overheen kunt fietsen. Dat moet je niet vergelijken met een zonnepaneel op een dak.'

**Onderzoeker:** Nee, want je hebt natuurlijk de bouwkosten van je fietspad erbij.

**Dhr. Bongaerts:** En het ruimtegebruik combineer jij, anders leg je ze misschien op een dak of op een weiland neer. Je moet sectoraal dingen bij elkaar optellen. Dat kunnen wij in Nederland niet. Ik denk dat mensen dat niet kunnen. Ik weet niet of het ergens anders wel wil maar in de BV Nederland kunnen en doen wij dat niet. Met opslag en elektrische auto's heb je eigenlijk exact hetzelfde.

**Onderzoeker:** Een gemiste kans maar als je dat niet doet?

**Dhr. Bongaerts:** Dat is een gemiste kans, ik denk dat we daar naartoe moeten. Voor ons als netbeheerder is het van waarde als de elektrische auto's terugleveren aan het net. Hoe zorgen wij ervoor dat de auto-eigenaar van ons geld krijgt? Hoe doe jij dat op zo'n manier dat het regulatorisch mag en dat je geen onderscheid maakt tussen klanten? Wij mogen klanten geen geld teruggeven daarvoor. Hoe regel je dat dan? Dat is heel erg ingewikkeld zodat we daar allerlei regeltjes voor hebben in Nederland.

**Onderzoeker:** Als je iets wil doen dan moet dat aangepast worden.

**Dhr. Bongaerts:** Voor een netbeheerder moet je altijd regeltjes aanpassen, je zit in een dwangbuis van wet- en regelgevingen. Wat voor een groot deel ook heel terecht is. We zijn tenslotte een monopolist.

**Onderzoeker:** Je wilt natuurlijk ook innoveren. Als je bijvoorbeeld kijkt naar andere mogelijkheden, zoals verbindingen met het buitenland, heeft dat voor een netbeheerder als Liander nu voordelen? Ga ervan uit dat er veel meer zon gebruikt gaat worden. Overdag heb je heel veel elektriciteitsopwekking en 's nachts heb je elektriciteit te kort. Ik kijk daar naar het schaalniveau van heel Nederland.

**Dhr. Bongaerts:** Voor Liander maakt dat heel kort door de bocht niet uit. Dit speelt boven ons af. De lokale problemen en kansen lossen we niet op met interconnectie met het buitenland. Wat jij daar wellicht mee kunt oplossen is in Nederland, ervoor zorgen dat er evenveel vraag en aanbod is, om de 50 hertz te handhaven zodat het systeem stabiel is. Dat is de verantwoordelijkheid van TenneT op dit moment. Daar hebben wij als Liander helemaal geen rol in. Het enige wat wij moeten doen is ervoor zorgen dat er stroom van a naar b kan. Het moet nog steeds van een zonnepaneel op een huishouden naar boven naar beneden, naar links, naar rechts. De interconnectie naar het buitenland heeft daar geen impact op.

**Onderzoeker:** Stel je voor: je hebt een overschot aan elektriciteitsproductie en je kunt het niet kwijt in Nederland. Er wordt meer opgewekt dan dat er gebruikt wordt. Dan zou je het bijvoorbeeld kwijt kunnen richting Duitsland of het Verenigd Koninkrijk.

**Dhr. Bongaerts:** Zeker. Dat betekent voor ons als Liander nog steeds dat wij die kabels zo moeten bouwen dat wij die stroom naar TenneT kunnen sturen zodat zij het naar Duitsland kan sturen.

**Onderzoeker:** Het ligt daar, zeg maar. Jullie levert omhoog en TenneT zorgt er dan voor.

**Dhr. Bongaerts:** Als wij het in onze regio niet kwijt kunnen moeten wij het naar TenneT sturen. TenneT kan het dan naar een andere regio sturen, of naar Duitsland. Dat is voor ons niet belangrijk. Vanuit de economische werkwijze van Liander heeft dat geen impact. Denkt Enexis daar wat anders over?

**Onderzoeker:** Zeker niet.

**Dhr. Bongaerts:** Misschien mis ik een inzicht. Ik denk het niet.

**Onderzoeker:** Ik stel de vraag omdat ik bezig ben voor het hele Nederlandse elektriciteitsnetwerk. Ik neem de belangen van zowel de netbeheerders, TenneT, de maatschappij en de politiek mee.

**Dhr. Bongaerts:** Dan heeft het heel veel impact. Voor ons als Liander en Enexis heeft het geen impact.