



Afspraken maken: Van data tot informatie

Informatiebehoeften, datastandaarden en
protocollen voor provinciale systeemstudies:
Deel I - rapportage voor beleidsmakers



Afspraken maken: Van data tot informatie

Informatiebehoeften, datastandaarden en protocollen voor provinciale systeemstudies: Deel I - rapportage voor beleidsmakers

Dit rapport is geschreven door:

Nina Voulis, Joeri Vendrik, Reinier van der Veen, Alexander Wirtz, Michiel Haan, Charlotte von Meijnenfeldt, Edwin Matthijssen, Sebastiaan Hers, Ewoud Werkman

Delft, CE Delft, april 2021

Publicatienummer: 21.200227.052

Energievoorziening / Beleid / Informatie / Data / Besluitvorming
VT: Informatiemodellen

Opdrachtgever: Rijksdienst voor ondernemend Nederland (RVO)

Uw kenmerk: TSE7200001

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Nina Voulis (CE Delft)

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

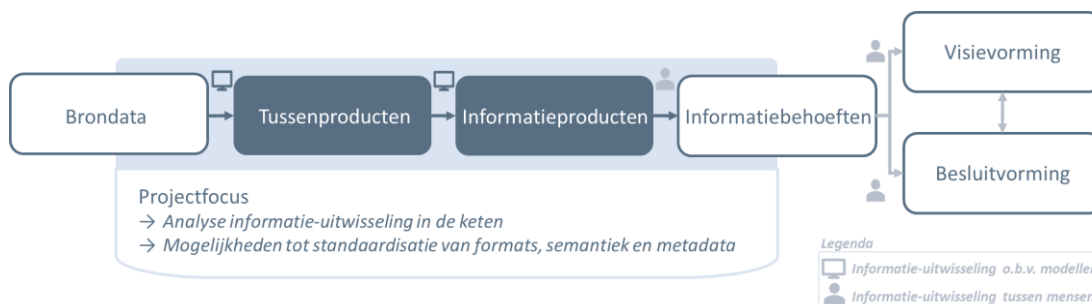
	Samenvatting	4
	Leeswijzer	6
	Begrippenlijst	7
1	Provinciale systeemstudies	8
	1.1 Overzicht systeemstudies	9
	1.2 Selectie systeemstudie	12
2	Informatiebehoeften	14
3	Informatieproducten	18
	3.1 Wat zijn informatieproducten?	18
	3.2 Wat is het nut van uitgewerkte informatieproducten?	18
	3.3 Overzicht en samenhang informatieproducten	18
	3.4 Uitwerking informatieproducten	20
4	Informatiemodellen	27
	4.1 Nut van informatiemodellen	28
	4.2 Scan van beschikbare informatiemodellen en standaarden	28
	4.3 Voordelen van ESDL	29
	4.4 Beschikbaarheid van ESDL-software en rekenmodellen	29
	4.5 De ESDL MapEditor	29
5	Conclusies en aanbevelingen	32
	5.1 Conclusies	32
	5.2 Aanbevelingen voor beleidsmakers	34
	5.3 Vooruitblik	36
A	Literatuur	37

Samenvatting

Dit rapport illustreert hoe modelstudies beter invulling kunnen geven aan informatie-behoefte van stakeholders in de energietransitie. Het toont de potentie van een systematische analyse van de informatieketen en van standaardisatie van de informatie-uitwisseling in die keten. We gebruiken hiervoor provinciale energiesysteemstudies als praktijkvoorbeelden.

Provinciale energiesysteemstudies – of kortweg systeemstudies – brengen prognoses in beeld voor de ontwikkeling van energievraag en -aanbod in de komende decennia. Ze hebben als doel visievorming en uiteindelijke besluitvorming te ondersteunen. Hiervoor moeten ze antwoord bieden op veel verschillende, samenhangende informatiebehoefte van stakeholders. Daarmee zijn systeemstudies geschikte praktijkvoorbeelden om de systematische analyse van de informatieketen en standaardisatie van informatie-uitwisseling te illustreren. In dit rapport gebruiken we de systeemstudies van Noord-Holland en Limburg als casestudies.

De analyse in dit rapport behelst drie aspecten. Eerst analyseren we de informatie-behoefte van de stakeholders betrokken bij de systeemstudies. Vervolgens tonen we hoe informatieproducten aan deze informatiebehoefte kunnen voldoen. Een informatieproduct is een afgebakend pakket van samenhangende informatie op maat van de informatie-behoefte. Ten slotte geven we inzicht in hoe een informatiemodel, de Energy System Description Language (ESDL), gebruikt kan worden om informatie-uitwisseling tussen modellen te standaardiseren. Het onderstaande plaatje vat deze informatieketen samen.



De volgende vijf informatiebehoefte zijn geïdentificeerd op basis van gesprekken met stakeholders die gebruikmaken van de systeemstudies:

1. Inzichten in de ontwikkelingen van **energievraag en -aanbod**.
2. Inzichten in de toekomstige **infrastructuurknooppunten**.
3. Inzichten in de **oplossingsrichtingen** voor infrastructuurknooppunten.
4. Inzichten in het **ruimtebeslag** van energiesysteemaanpassingen.
5. Inzichten in de **kosten** die de energiesysteemaanpassingen met zich meebrengen.

Voor elk van deze informatiebehoefte is een informatieproduct opgesteld. Daarvoor hebben we de informatieketen geanalyseerd: wat zijn concreet en precies de stappen van brondata naar invulling van informatiebehoefte. Voor de modelmatige stappen tussen brondata, tussenproducten en de uiteindelijke informatieproducten tonen we hoe ESDL gebruikt kan worden voor standaardisatie van informatie-uitwisseling.

De grote uitdaging in deze keten is de complexiteit ervan. De systemische vraagstukken in de energietransitie zijn zo complex dat één model niet het volledige antwoord kan bieden. Om inzichten te krijgen in de afhankelijkheden tussen de verschillende sectoren, netwerken, energiedragers en domeinen, worden in de systeemstudies meerdere modellen na elkaar gebruikt. Individuele modellen bieden inzichten in de energiehuishouding van bijvoorbeeld een sector, of in de energiestromen op het elektriciteitsnet. De ‘trein’ van modellen geeft een vollediger plaatje.

Momenteel vraagt het koppelen van modellen veel handwerk. Dit is inefficiënt, tijdrovend en kan leiden tot fouten en inconsistenties. Informatie-uitwisseling tussen modellen kan gestroomlijnd – of gestandaardiseerd – worden. Dit vergt afspraken tussen verschillende stakeholders, waaronder modelontwikkelaars, netbeheerders en overheden die belang hebben bij de integrale blik op het energiesysteem. Vervolgens moeten de ontwikkelaars van modellen deze afspraken in een technische, formele vorm gieten. Standaardisatie van informatie-uitwisseling tussen modellen is daarom arbeidsintensief, kent een lange doorlooptijd en vraagt grote investeringen. Eenmaal voltooid, leidt het tot verbeterde efficiëntie, snelheid, en traceerbaarheid, alsook tot minder fouten en een grotere consistentie.

Met dit rapport illustreren we de voordelen en de uitdagingen van een systematische analyse van de informatieketen en gestandaardiseerde informatie-uitwisseling. Deze resulteert in informatieproducten die beter afgestemd zijn op informatiebehoeften. Standaardisatie van informatie-uitwisseling kan daarnaast belangrijke voordelen met zich meebrengen, zoals uitwisselbaarheid, efficiëntie, snelheid en consistentie. Om dit in de praktijk te bereiken is de inzet nodig van de gemeenschap van energiemodellenaars in samenspraak met eindgebruikers van de modelresultaten in energiesysteemanalyse en de energietransitie in brede zin.

Tekstbox 1 - Data en modellen - koken als analogie

Modelstudies kunnen we vergelijken met koken volgens een recept. De data zijn de ingrediënten en het model is het recept zelf. Om een goed resultaat te krijgen, moeten zowel de data als het model van hoge kwaliteit zijn.

Er zijn trajecten, zoals Verbetering van de Informatievoorziening voor de Energietransitie (VIVET), die inzetten op verbetering van data. Zij zorgen ervoor dat er betere, versere, geschiktere ingrediënten beschikbaar zijn.

Deze studie richt zich op de verbetering van de koppeling tussen modellen. Dit kunnen we vergelijken met de bereiding van een lasagneshotel waarbij verschillende mensen verschillende onderdelen vanaf nul maken. Iemand heeft een recept voor het deeg, een ander voor de rode saus, een derde voor de witte saus, een vierde voor de vulling. Om het geheel te laten slagen, moeten het deeg, de rode saus, de witte saus en de vulling op het juiste moment, in de juiste hoeveelheden, en op hetzelfde aanrecht terechtkomen. Hiervoor zijn duidelijke afspraken nodig. Deze studie beschrijft dergelijke afspraken voor energiemodellen.

Leeswijzer

Deze rapportage voor beleidsmakers is Deel I van het rapport 'Afspraken maken: Van data tot informatie - Informatiebehoeften, datastandaarden en protocollen voor provinciale systeemstudies'. Deel II is geschreven voor modellers en andere betrokkenen bij energie-modellen en geeft verdere verdieping op Deel I. Beide onderdelen zijn afzonderlijk van elkaar te lezen.

Deel I bestaat uit vijf hoofdstukken.

Hoofdstuk 1 geeft een korte samenvatting van de provinciale systeemstudies, met focus op de informatie-uitwisseling die tijdens de systeemstudie plaatsvindt.

Hoofdstuk 2 bevat een overzicht van de informatiebehoeften die geïnventariseerd zijn bij verschillende stakeholders die gebruikmaken van systeemstudies.

Hoofdstuk 3 vat de informatieproducten samen die invulling geven aan de geïdentificeerde informatiebehoeften. Een meer gedetailleerde analyse is te vinden in Hoofdstuk 1 van Deel II. De bronnen staan in Appendix A van Deel II.

Hoofdstuk 4 beschrijft het nut en gebruik van informatiemodellen en een samenvatting van de analyse van het meest geschikte informatiemodel voor systeemstudies of vergelijkbare energiesysteemomvattendestudies. Hoofdstukken 2 en 3 van Deel II gaan hier meer detail op in, net als Appendix B van Deel II.

Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en aanbevelingen voor beleidsmakers. Complementaire aanbevelingen voor modellers en beleidsmakers zijn te vinden in Hoofdstuk 4 van Deel II.

Begrippenlijst

Begrip	Omschrijving
Data	Gegevens in een ruwe vorm, bijvoorbeeld reeksen getallen of symbolen.
Informatie	Informatie is data die op een betekenisvolle wijze geïnterpreteerd zijn, en dus betekenis hebben voor de lezer.
Informatieketen	Keten die informatie aflegt van (bron)data via tussenproducten tot informatie-producten die voldoen aan informatiebehoeften van stakeholders. Stakeholders kunnen deze informatie gebruiken voor visie- en/of besluitvorming.
Informatiemodel	Een beschrijving van de structuur, de semantiek en de eigenschappen van allerlei concepten in een bepaald domein. Een informatiemodel legt vast hoe dingen heten, wat de betekenis is, welke eigenschappen ze hebben en welke relaties er binnen het domein bestaan.
Informatieproduct	Een afgebakend pakket van samenhangende informatie met vorm, inhoud en technische karakteristieken die op maat zijn om de bijbehorende informatiebehoefte adequaat in te vullen.
Protocol	Een set aan afspraken waarmee twee computersystemen met elkaar kunnen communiceren.
Standaard	Een set aan afspraken over een bepaald onderwerp en met een bepaald doel. Standaarden worden over het algemeen beheerd door een standaardisatieorgaan.
Systeemstudie	Een studie naar de ontwikkelingen van het energiesysteem met focus op de energie-infrastructuurknelpunten en de mogelijke oplossingen voor die knelpunten. Systeemstudies zijn in Nederland de afgelopen jaren op provinciaal niveau uitgevoerd.

1 Provinciale systeemstudies

Provinciale systeemstudies geven inzicht in de mogelijke ontwikkelingen van het energiesysteem voor de komende decennia. De afgelopen jaren zijn voor de meeste provincies systeemstudies uitgevoerd, of zijn nog in uitvoering. Elke systeemstudie heeft haar eigen karakter gekregen. Hier zijn twee hoofdredenen voor. Ten eerste, de provincies verschillen in karakter, onder andere in het type economische activiteiten en de bevolkingsdichtheid. Hierdoor zijn er duidelijke verschillen in energievraag en -aanbod tussen de provincies. Ten tweede zijn de systeemstudies achtereenvolgens uitgevoerd, waardoor de latere systeemstudies gebruik kunnen maken van de opgebouwde ervaringen en inzichten van de eerdere systeemstudies. Elke systeemstudie dient daarom zowel in de context van de eigen provincie als binnen de tijdslijn van andere systeemstudies gelezen worden.

Dit rapport geeft een samenvattende analyse van de informatieketen in de systeemstudies. De analyse focust op twee aspecten, en brengt deze samen. Het eerste aspect zijn de informatiebehoeften achter de systeemstudies. We beantwoorden de vraag: **Welke informatie hebben de stakeholders nodig voor visie- en/of besluitvorming?**

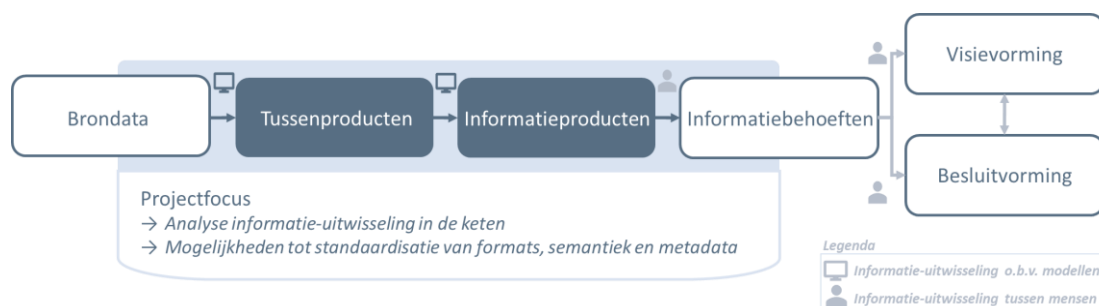
Het tweede aspect is de methodologische invulling van deze informatiebehoeften: **Hoe zijn brondata verwerkt om te voldoen aan deze informatiebehoeften?**

Bij het samenbrengen van deze aspecten analyseren we de mogelijkheden voor standaardisatie en protocollen:

Hoe kunnen datastandaarden en protocollen de dataverwerking en de invulling van de informatiebehoeften in de toekomst eenduidiger, sneller en efficiënter maken?

Figuur 1 geeft een overzicht van de informatieketen: de stappen van brondata naar invulling van informatiebehoeften ter ondersteuning van visie- en besluitvorming.

Figuur 1 - De informatieketen: overzicht van de stappen van brondata naar invulling van informatiebehoeften ter ondersteuning van visie- en besluitvorming



In de rest van dit hoofdstuk schetsen we de context van deze studie. Eerst geven we een overzicht van de verschillende uitgevoerde systeemstudies. Vervolgens motiveren we de keuze van twee systeemstudies als cases voor deze studie.

1.1 Overzicht systeemstudies

Systeemstudies zijn zowel inhoudelijk als procesmatig veelomvattende studies. Inhoudelijk worden de vraag- en de aanbodkant in beeld gebracht. De energievraagontwikkeling in alle sectoren komt aan bod: gebouwde omgeving, landbouw, industrie, mobiliteit en datacentra. Aan de aanbodzijde gaan de studies in op energieopwek en beschikbaarheid van verschillende energiedragers, zoals elektriciteit, gassen (methaan en waterstof) en warmte. Procesmatig is een brede groep stakeholders betrokken bij de systeemstudies. Naast de provincie zelf, zitten typisch ook (grote) gemeenten, netbeheerders, en industrievertegenwoordigers aan tafel bij de ontwikkeling van scenario's voor de toekomstige vraag en aanbod van energie. Een grotere groep stakeholders toetst en evalueert de aannames en de analyses. Een provinciale systeemstudie bundelt daarmee de kennis van veel partijen en biedt daarmee de basis voor visie- en besluitvorming over het energiesysteem en de energie-infrastructuur.

In Tabel 1 zijn de systeemstudies weergegeven op volgorde van uitvoering.

Tabel 1 - Tijdslijn verschillende systeemstudies

		Systeemstudie	Uitvoerder
1	Juli 2019	Noord-Holland	CE Delft, ECN-TNO, Marco Vermeulen
2	November 2019	Groningen/Drenthe	CE Delft, Quintel
3	Maart 2020	Zeeland	CE Delft, RHDHV
4	September 2020	Limburg	CE Delft, TNO, Quintel
6	December 2020	Overijssel	Quintel, Berenschot
5	Februari 2021	Zuid-Holland	CE Delft, TNO, Quintel
7	Begonnen maart 2021	Gelderland	Berenschot, Witteveen+Bos
8	Verwacht eind 2021	Friesland	<i>Nog onbekend</i>
9	Verwacht eind 2021	Utrecht	<i>Nog onbekend</i>

1.1.1 Verschillen tussen provincies

De twaalf provinciën hebben een verschillende opbouw. Dit heeft ook z'n weerslag op de energie-infrastructuur, en op de vraag en het aanbod van energie. De verschillen komen duidelijk naar voren bij de analyse van de energiedata en -scenario's. Vorm en karakter van energiedata is immers anders in een gebied met sterke verstedelijking en industrie dan in een landelijk gebied met veel zonneparken en windmolens. Tabel 2 geeft de relevantie sectoren in het energielandschap weer voor de zes systeemstudies die bij publicatie afgerond waren. Alle sectoren zijn in alle systeemstudies meegenomen. De nadruk op de individuele sectoren verschilt duidelijk tussen de provincies.

Tabel 2 - Relevantie van sectoren in provincies (+ licht, ++ gemiddeld en +++ sterk vertegenwoordigd)

	Noord-Holland	Groningen en Drenthe	Zeeland	Limburg	Overijssel	Zuid-Holland
Industrie	+++	+++	+++	+++	++	+++
Haven	+++	++	++	+	+	+++
Landbouw	++	++	++	++	++	++
Tuinbouw	+++	+	+	+	+	+++
Stedelijkheid	+++	+	+	++	++	+++
Mobiliteit	+++	+	+	++	++	+++
Wind- en zonneparken	++	+++	+++	+++	+++	+

1.1.2 Evolutie scope over tijd

De inhoudelijke scope van de systeemstudies wordt met de tijd breder. Vroege studies hadden als hoofddoel de knelpunten in de energie-infrastructuur aan het licht te brengen op basis van analyses van de energiebalans. In recentere studies komt steeds meer aandacht voor oplossingsrichtingen voor de knelpunten. Dit betekent ook groeiende aandacht voor de ruimtelijke vraagstukken, de samenwerkingsverbanden en het financiële aspecten die samenhangen met de oplossingsrichtingen. Deze breder wordende scope wordt verder belicht in de informatiebehoeften en informatieproducten (Hoofdstukken 2 en 3).

1.1.3 Betrokken stakeholders

Elke provincie heeft te maken met een eigen palet aan stakeholders dat lokaal betrokken is bij energievraagstukken. Een aantal stakeholders – regionale netbeheerders, TenneT, Gasunie, de provincie en de (grote) gemeenten – spelen voor elke systeemstudie een kernrol.

Tabel 3 geeft een overzicht van de betrokkenheid van verschillende stakeholders bij de zes afgeronde systeemstudies. Bij elke systeemstudie is een stuurgroep van de voornaamste stakeholders betrokken dat het gehele proces begeleidt (groen in de tabel). Deze groep heeft binnen elke studie een andere naam (begeleidingscommissie, projectgroep, etc.), in dit rapport houden we de benaming stuurgroep aan.

Tabel 3 - Betrokken stakeholders bij de vijf systeemstudies (in groen de stuurgroep)

Stakeholders	Noord-Holland	Groningen en Drenthe	Zeeland	Limburg	Overijssel	Zuid-Holland
Provincie	X	X	X	X	X	X
Gemeentes	X	X	X	X		X
RES-regio's*			X	X	X	X
Rijksoverheid	X	X				
Regionale netbeheerder	X	X	X	X	X	X
TenneT	X	X	X	X	X	X
Gasunie	X	X	X	X	X	X
Industrie	X	X	X	X	X	X
Havenbedrijf	X	X	X			X
Energieleveranciers	X	X	X			
Zon/wind/waterstof	X	X	X			
Glastuinbouw/LTO	X	X				
Mobiliteit en transport	X	X	X			
Datacenters	X	X				

* Tijdens de systeemstudie Noord-Holland bestonden de RES-regio's nog niet.

De bijeenkomsten van de stuurgroep zijn essentieel voor de data-uitwisseling. Hier worden de informatiebehoeften, beschikbaarheid van data en de formats voor data-uitwisseling besproken. Dit zijn intensieve en tijdrovende bijeenkomsten omdat data, definities en formats telkens verschillen. Hoewel de latere systeemstudies gebruik kunnen maken van de eerdere inzichten en ervaringen, is het proces van data-uitwisseling nog niet volledig gestroomlijnd. Deze studie heeft als doel dit wel mogelijk te maken. De informatiebehoeften van de stakeholders, de informatieproducten die daar een antwoord op kunnen bieden en een gestandaardiseerde aanpak voor de invulling zijn onderwerp van respectievelijke Hoofdstukken 2, 3 en 4.

1.1.4 Informatie-uitwisseling

Data zijn de kwantitatieve basis waarop analyses over het provinciale energiesysteem gebaseerd worden. Informatie is data die op een betekenisvolle wijze geïnterpreteerd zijn. Toekomstscenario's van de systeemstudies worden opgebouwd uit een combinatie van openbare en niet-openbare data. Elke systeemstudie maakt gebruik van openbare data (zoals CBS, Klimaatmonitor) en in meer of mindere mate van niet-openbare data die door de verschillende stakeholders wordt aangeleverd.

Tabel 4 geeft weer welke stakeholders bij de verschillende studies data aan de uitvoerder hebben geleverd. CEGOIA en ETM zijn modellen die gebruikmaken van openbare en niet-openbare gegevens. Over het algemeen wordt data als bestand geleverd (in de tabel als D weergegeven) en soms tijdens persoonlijke communicatie (gesproken of geschreven). Elke levering van een databestand gaat gepaard met een mondelinge of schriftelijke toelichting op de inhoud.

Tabel 4 - Overzicht data-uitwisseling systeemstudies (D= databestand, C = communicatie)

	Noord-Holland	Groningen en Drenthe	Zeeland	Limburg	Overijssel	Zuid-Holland
Provincie	D					D
Gemeente	D				D	
RES-regio's			D	D	D	D
Regionale netbeheerders	D	D	D	D	D	D
TenneT en Gasunie	D			D	D	D
Industrie en haven	D	D	D	C	D	D
Energieleveranciers	D					
Afvalverwerker	C					
Land- en tuinbouw	D	D	D	D	D	D
CEGOIA	D	D	D	D	D	D
ETM		D	D	D	D	D

Ervaringen met de afgeronde systeemstudies leren dat data-uitwisseling in haar huidige vorm een aantal uitdagingen met zich meebrengt. Sommige kunnen met standaardisatie opgelost worden, andere moeten op andere manieren aangepakt worden. We geven hieronder een overzicht:

- **Afspraken over jaartallen, eenheden, geografische indeling, enz.** Om de uitwisseling goed te laten verlopen moeten er afspraken gemaakt worden over jaartallen, eenheden (kWh, MWh, GJ), geografische afbakening (CBS-buurtten, netvlakken), enz. Verschillen, bijvoorbeeld tussen eenheden of geografische afbakening, vragen om – vaak handmatige en tijdrovende – omzettingen. Standaardisatie kan hier een deel van de oplossing zijn. Hier gaan we in Hoofdstuk 4 nader op in.
- **Format data-uitwisseling.** Het format van databestanden is een ander belangrijk aspect waarover overeenstemming dient te bestaan. Dit betreft het soort bestand of taal, maar ook de wijze waarop gegevens binnen het bestand zijn geordend. Met wederzijds begrip kan de data eenvoudiger en vollediger begrepen worden. Voor het opstellen van de energievraag wordt gebruikgemaakt van verschillende bronnen en modellen. Door de formats van data-uitwisseling te standaardiseren als bestandstype en meer nog als taal, kan data-uitwisseling veel sneller en efficiënter worden. Bovendien kunnen fouten vermeden worden en kan data-uitwisseling automatisch verlopen. Hier gaan we in Hoofdstuk 4 dieper op in.

- **Ontbrekende data.** Het ontbreken van data kan zeer specifiek zijn voor (een deel van) een bepaalde sector in een provincie. In de uitgevoerde systeemstudies was er bijvoorbeeld gebrek aan data voor elektriciteitsverbruik treinverkeer (Groningen-Drenthe), verbruik utiliteitsbouw (Noord-Holland) en energievraag vrachtvervoer over de weg (Noord-Holland). Naast ontbrekende data is er ook sprake van onzekerheid, die voor de sectoren mobiliteit en industrie vaak hoger ligt dan voor de gebouwde omgeving. Standaardisatie van data is hier geen oplossing. Wel zijn er andere trajecten, zoals VIVET (Verbetering Informatievoorziening Energietransitie)(PBL, 2020), die in bepaalde gevallen de nu ontbrekende data beschikbaar kunnen maken.

Hoewel er duidelijk verschillen zijn tussen de provinciale systeemstudies, zien we de bovenstaande uitdagingen in alle systeemstudies terugkomen. Voor de verdere uitwerking van de informatieproducten, standaarden en protocollen zijn daarom twee systeemstudies als praktijkcases geselecteerd.

1.2 Selectie systeemstudie

Voor deze studie zijn twee provinciale systeemstudies als praktijkcases gekozen om de informatiebehoeften en informatieproducten en het gebruik van een informatiemodel zo concreet mogelijk te kunnen maken. Uit de systeemstudies die eind september 2020 afgerond waren zijn daarom twee studies gekozen op basis van de volgende criteria:

- complementariteit;
- uitgebreide data- en informatie-uitwisseling;
- deelname diverse stakeholders;
- gebruik resultaten voor visievorming;
- aansluiting op andere schalen.

Op basis van deze criteria als geheel is de **combinatie van de systeemstudies Noord-Holland en Limburg** als de meest interessante voor verdere analyse naar voren gekomen.

De twee studies zijn **complementair**. Noord-Holland is eerste systeemstudie medio 2019 afgerond. Limburg was in september 2020 (bij aanvang van dit onderzoek) juist de meest recent afgeronde studie. Uit de systeemstudie Noord-Holland zijn belangrijke lessen getrokken en gebruikt voor opeenvolgende systeemstudies, onder andere in Limburg. Met de kennis van nu is het daarom van bijzondere interesse om terug te kijken op de eerste systeemstudie.

Bij beide systeemstudies heeft er een **uitgebreide data- en informatie-uitwisseling** plaatsgevonden. Voor Noord-Holland waren de kwesties met betrekking tot de data volledig nieuw doordat het de eerste systeemstudie was. Elke volgende systeemstudie heeft lering getrokken uit eerdere studies waardoor de werkwijze steeds scherper is geworden. Dit leereffect komt onder andere naar voren in de manier waarop er met data wordt omgegaan. In de systeemstudie Limburg zijn de laatste inzichten in data- en informatie-uitwisseling toegepast. Dit maakt de keuze voor de systeemstudie Limburg waardevol.

Zowel in Noord-Holland als in Limburg was een divers palet aan **stakeholders** betrokken. Hoewel alle systeemstudies hier in principe aan voldoen, reiken Noord-Holland en Limburg hierin iets verder.

In Noord-Holland heeft de systeemstudie aan de basis gelegen van **visievorming** bij verschillende stakeholders. Gezien de complexiteit van de regio, met het Noordzeekanaal Gebied, de haven, Schiphol, glastuinbouw, datacentra en Amsterdam, is het belang van visievorming die uitgaat van dezelfde basis in het bijzonder waardevol. De systeemstudie Limburg heeft nog niet de tijd gehad om volledig te landen in visievormingstrajecten.

Beide systeemstudies, Noord-Holland en Limburg, hebben duidelijke **aansluiting op andere schalen**. De RES-regio's zijn een belangrijke lagere schaal. In Noord-Holland dient de systeemstudie als achtergronddocument. In Limburg zijn inzichten uit het RES-traject juist gebruikt als input voor de systeemstudie. Daarnaast is de systeemstudie ook weer input voor vervolg van de RES. Naar alle systeemstudies wordt verwezen vanuit landelijke trajecten, en sectorspecifieke trajecten zoals de cluster energiestrategieën (CES'en).

2 Informatiebehoeften

De informatiebehoeften van eindgebruikers van modelresultaten van systeemstudies zijn geïnterviewd op basis van interviews, en vervolgens geverifieerd in een workshop. Er zijn individuele interviews gehouden met verschillende stakeholders van de systeemstudies Limburg en Noord-Holland. De gezamenlijke workshop is georganiseerd voor stakeholders uit deze en andere systeemstudies. Het doel van de interviews en de workshop was inzicht krijgen in de informatiebehoefte van deze stakeholders en in hoeverre deze informatiebehoefte ingevuld is binnen de systeemstudie. Op basis hiervan hebben we informatieproducten aan deze informatiebehoefte gelinkt. Hierbij maken we onderscheid tussen de verschillende soorten stakeholders. De inventarisatie van informatiebehoeften op basis van de systeemstudies Limburg en Noord-Holland bleken herkenbaar in andere systeemstudies, en in die zin ook representatief voor de systeemstudies in het algemeen.

2.1.1 Stakeholders

Bij de systeemstudies zijn groepen stakeholders betrokken door middel van begeleidingscommissies. Hierin waren bijvoorbeeld de provincie, de industrieclusters, de regionale netbeheerders, Gasunie, Tennet en vertegenwoordigers van de RES vertegenwoordigd (zie ook Paragraaf 1.1.3). De stakeholders kunnen grofweg ingedeeld worden in drie groepen:

1. Overheden (provincie, RES-regio's).
2. Bedrijven (vertegenwoordigers industrie/industrieclusters, havenbedrijf, energieleveranciers, datacenters, vertegenwoordigers glastuinbouw).
3. Netbeheerders (regionale netbeheerders, TenneT, Gasunie).

2.1.2 Inventarisatie

De systeemstudie kan voorzien in verschillende informatiebehoeften. In deze paragraaf volgt een inventarisatie van mogelijke soorten informatiebehoefte en de informatieproducten die deze informatiebehoeften kunnen invullen. Dit volgt uit de interviews, de workshop en eigen inschattingen. De eerste vijf informatiebehoeften en bijbehorende informatieproducten uit Tabel 5 en Tabel 6 zijn verder uitgewerkt in Hoofdstuk 3.

Inventarisatie soorten informatiebehoeften

Stakeholders hebben informatie nodig voor visievorming en besluitvormingsprocessen. Tabel 5 geeft een overzicht van de belangrijkste soorten informatiebehoeften die stakeholders kunnen hebben voor visievorming en besluitvormingsprocessen omtrent ontwikkelingen van het energiesysteem.

Een deel van deze informatiebehoeften wordt ingevuld door de systeemstudies, maar bijvoorbeeld 'Emissies' en 'Inzicht mogelijkheden gebouwde omgeving' (nog) niet. De informatiebehoeften 'Ruimtebeslag' en 'Kosten' worden in sommige systeemstudies ingevuld, maar niet in alle.

Tabel 5 - Overzicht soorten informatiebehoeften

Informatiebehoefte	Toelichting	Reden informatiebehoefte
Toekomstige vraag/aanbod	Het gaat hierbij om de uitwerking van de scenario's in vraag en aanbod.	Bepaalt de toekomstige behoefte aan energie-infrastructuur en geeft inzicht voor mogelijke ambities en visievorming.
Toekomstige behoefte energie-infrastructuur	Het gaat hierbij met name om inzicht hoeveel extra energie-infrastructuur nodig is ten opzichte van nu.	Om te zorgen voor voldoende energie-infrastructuur in de toekomst is op tijd inzicht nodig in de behoefte.
Oplossingsrichtingen behoefte energie-infrastructuur	Inzicht hoe de toekomstige behoefte aan energie-infrastructuur ingevuld kan worden.	Voor een zo efficiënt mogelijke invulling van de behoefte aan energie-infrastructuur (qua ruimte, kosten) is inzicht nodig in de mogelijke oplossingsrichtingen.
Ruimtebeslag	Het kan hierbij gaan om zowel het ruimtebeslag van de energie-infrastructuur als het ruimtebeslag als gevolg van de invulling van vraag/aanbod van het scenario.	Om te zorgen dat er voldoende ruimte is voor het plaatsen van benodigde energie-infrastructuur of zonneparken/windparken is op tijd inzicht nodig in de behoefte.
Kosten	Het kan hierbij gaan om zowel kosten voor energie-infrastructuur als kosten voor het invullen van vraag/aanbod van het scenario.	Geeft inzicht voor visievorming.
Emissies	Emissies van broeikasgassen in de verschillende scenario's. Voor 2050 niet zo relevant omdat er uitgegaan wordt van vier scenario's met een CO ₂ -neutraal energiesysteem.	Geeft inzicht voor mogelijke ambities en visievorming.
Integraal inzicht energiesysteem	Netbeheerders kijken vaak alleen naar elektriciteit of gas. Doorrekening van het complete energiesysteem geeft integraal inzicht en inzicht mogelijkheden systeem-integratie.	Een integrale blik geeft inzicht in mogelijkheden voor systeem-integratie.
Inzicht mogelijkheden gebouwde omgeving	Per gemeente/geografische eenheid inzicht welke duurzame warmte-opties mogelijk zijn.	Meer inzicht is nodig om te zorgen dat de gemeentelijke transitievisies ook samen een consistent, efficiënt geheel vormen. Zo kan voorkomen worden dat een lappendeken aan oplossingen krijgen en dat grensoverstijgende oplossingen in de gemeente worden gemist.

Bijbehorende informatieproducten

De informatiebehoeften die stakeholders kunnen hebben voor visievorming en besluitvormingsprocessen worden ingevuld door informatieproducten. In de meeste gevallen wordt een informatiebehoefte ingevuld met één soort informatieproduct. Maar in sommige gevallen, bijvoorbeeld bij de informatiebehoefte 'Integraal inzicht energiesysteem', kan de informatiebehoefte ingevuld worden met meerdere informatieproducten. Tabel 6 geeft een overzicht van de informatieproducten die horen bij de informatiebehoeften uit Tabel 5.

Tabel 6 - Overzicht soorten informatieproducten

Informatiebehoefte	Informatieproduct	Toelichting
Toekomstige vraag/aanbod	Overzicht vraag/aanbod	Voor elk scenario/jaar overzicht van vraag/aanbod: <ul style="list-style-type: none"> – per sector; – per geografisch gebied. Bijvoorbeeld in ETM.
Toekomstige behoefte energie-infrastructuur	Knelpuntenanalyse energie-infrastructuur	Een doorrekening de energienetten geeft inzicht waar de huidige infrastructuur niet voldoende is en knelpunten ontstaan.
Oplossingsrichtingen behoefte energie-infrastructuur	Overzicht oplossingsrichtingen	Een overzicht van mogelijke oplossingen voor de knelpunten die gevonden zijn in de knelpuntenanalyse. Inclusief analyse welke oplossingsrichtingen mogelijk zijn voor welk type knelpunt.
Ruimtebeslag	Overzicht ruimtebeslag	Berekening van verwacht ruimtebeslag nieuwe energie-infrastructuur op basis knelpuntenanalyse en berekening van ruimtebeslag voor de invulling van vraag/aanbod.
Kosten energie-infrastructuur	Overzicht kosten	Berekening van verwachte kosten nieuwe energie-infrastructuur op basis knelpuntenanalyse en berekening van kosten voor de invulling van vraag/aanbod.
Emissies	Overzicht emissies	Voor elk scenario/jaar overzicht van emissies.
Integraal inzicht energiesysteem	<ol style="list-style-type: none"> 1. Knelpunten-analyse alle energiedragers. 2. Oplossingsrichtingen voor alle energiedragers. 3. Analyse interactie energiedragers. 4. Analyse mogelijkheden systeemintegratie. 	Hierbij hoort niet één specifiek informatieproduct, maar deze informatiebehoefte wordt ingevuld door de eerdergenoemde informatieproducten die bij de systeemstudie voor alle energiedragers worden opgeleverd en niet alleen voor elektriciteit of gas.
Inzicht mogelijkheden gebouwde omgeving	Per gemeente/geografische gebied overzicht van kansrijke duurzame warmte-opties	Hiervoor is een analyse en beoordeling van de opties voor duurzame warmtevoorziening nodig.

2.1.3 Informatiebehoefte per stakeholder

Elke stakeholder heeft zijn eigen informatiebehoefte. De informatiebehoeften in Tabel 5 en informatieproducten in Tabel 6 zijn niet voor alle stakeholders relevant. Tabel 7 geeft voor elk type stakeholder aan in hoeverre en waarom een bepaalde informatiebehoefte relevant is.

Tabel 7 - Overzicht informatiebehoeften per stakeholder

Informatiebehoefte	Overheden	Bedrijven	Netbeheerders
Toekomstige vraag/aanbod	Inzicht belangrijk voor ambitie, strategie en visievorming.	Vraag/aanbod clusters mogelijk interessant voor industrie. Ook mogelijk interessant voor energie-bedrijven.	Niet direct relevant. Heeft wel impact op toekomstige behoefte energie-infrastructuur.
Toekomstige behoefte energie-infrastructuur	Inzicht belangrijk voor strategie en visievorming.	Duidelijk maken van behoefte richting overheid.	Inzicht voor toekomstige investeringen.
Oplossingsrichtingen behoefte energie-infrastructuur	Inzicht belangrijk voor strategie en visievorming.	Sommige oplossingen zijn relevant voor bedrijven.	Inzicht voor toekomstige investeringen.
Ruimtebeslag	Geeft inzicht om ruimte te kunnen reserveren voor energie-infra.	Niet direct relevant.	Geeft munitie om overheden over te halen ruimte te reserveren voor energie-infra.
Kosten energie-infrastructuur	Inzicht belangrijk voor strategie en visievorming.	Niet direct relevant.	Inzicht voor toekomstige investeringen.
Emissies	Inzicht belangrijk voor ambities, strategie en visievorming.	Emissies clusters mogelijk interessant.	Niet direct relevant.
Integraal inzicht energiesysteem	Inzicht belangrijk voor strategie en visievorming.	Mogelijkheden bijdragen aan systeemintegratie voor bedrijven.	Heeft impact op toekomstige behoefte energie-infrastructuur en oplossingsrichtingen, dus op dit manier ook relevant voor toekomstige investeringen.
Inzicht mogelijkheden gebouwde omgeving	Inzicht belangrijk voor strategie en visievorming. Specifiek om te zorgen dat de gemeentelijke transitievisies een consistent, efficiënt geheel vormen en er geen lappendeken komt.	Kan relevant zijn voor energiebedrijven die warmte leveren.	Heeft impact op benodigde behoefte energie-infra GO. Daarnaast leveren de netbeheerders informatie over de mogelijkheden voor GO.

3 Informatieproducten

Op basis van de informatiebehoefte die in het vorige hoofdstuk is beschreven, kunnen de verwerkte en opgeleverde gegevens worden uitgewerkt tot informatieproducten. Deze uitwerkingen geven invulling aan de informatieketen zoals uitgewerkt in Figuur 1.

In dit hoofdstuk geven we eerst een toelichting op de definitie en het nut van informatieproducten. Vervolgens lichten we het overzicht toe van informatieproducten en waarom we een subset hiervan hebben uitgewerkt. Tot slot gaan we in op de wijze waarop deze uitwerkingen vormgegeven zijn. De uitwerkingen zelf zijn te vinden in Deel II - Overzichts-Fiches.

3.1 Wat zijn informatieproducten?

In navolging van de opdrachtgever hanteren we de volgende definitie van 'informatieproduct':

Een informatieproduct is een afgebakend pakket van samenhangende informatie met vorm, inhoud en technische karakteristieken die op maat zijn om de bijbehorende informatiebehoefte adequaat in te vullen.

3.2 Wat is het nut van uitgewerkte informatieproducten?

Het uitwerken van de informatieproducten maakt het mogelijk te onderzoeken waar ruimte is voor standaardisatie in de keten van brondata tot en met informatieproducten (zie Figuur 1). Het betreft hier in principe standaardisatie van zowel data-uitwisseling als dataverwerking¹. Standaardisatie maakt de weg vrij voor automatisering van stappen en kan potentieel veel tijdsbesparing mogelijk maken. Dit is vooral aantrekkelijk voor trajecten waar soortgelijke analyses periodiek herhaald worden. Stysteemstudies zijn bij uitstek dergelijke trajecten.

Een systematische uitwerking van de informatieproducten zorgt bovendien voor transparantie over de herkomst en bewerkingsstappen van brondata. Ook geeft het een overzicht van wat scenariostudies als de systeemstudies op kunnen leveren en hoe men de data die dit oplevert zou kunnen ontsluiten en delen. Dat laatste is mede het onderwerp van Hoofdstuk 4.

3.3 Overzicht en samenhang informatieproducten

Van de informatieproducten die in de tabel in Paragraaf 2.1.2 zijn toegelicht heeft dit consortium conform onze opdracht in overleg met de stakeholders de vijf meest relevante geselecteerd. De volgende vijf informatieproducten zijn nader uitgewerkt:

1. Overzicht ontwikkelingen vraag en aanbod van energie.
2. Overzicht knelpunten.
3. Overzicht technische oplossingsrichtingen bij knelpunten.

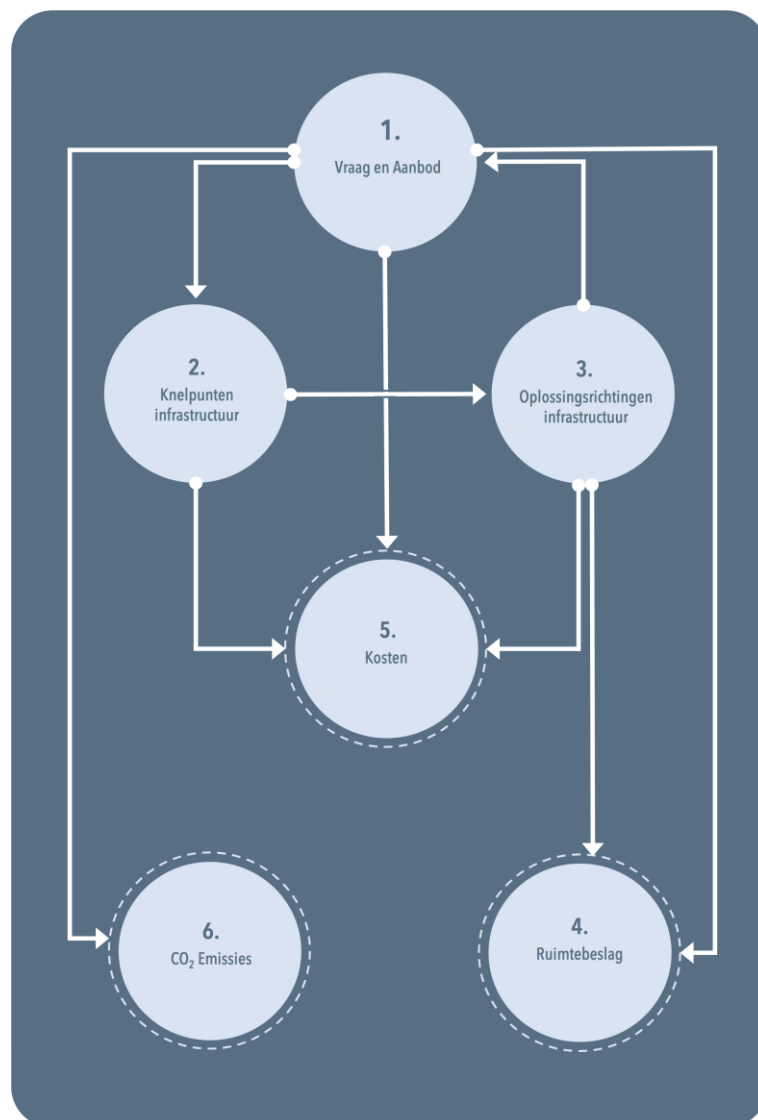
¹ Dataverwerking gebeurt met modellen en in dit project hebben we ons niet beziggehouden met standaardisatie van modellen.

4. Ruimtebeslag energiesysteem en oplossingsrichtingen.
5. Overzicht kosten.

Tijdens de uitgevoerde systeemstudies zijn de eerste drie informatieproducten opgepakt en opgeleverd. Ruimtebeslag van duurzame opwek is in enkele andere systeemstudies (Groningen-Drenthe, Zuid-Holland) wel aan de orde geweest. Ruimtebeslag voor infrastructuur is slechts kwalitatief behandeld. Kosten is in geen van de systeemstudies echt opgepakt. De mate waarin de informatieproducten een rol hebben gespeeld in de uitgevoerde systeemstudie is ook terug te zien in de uitwerking ervan (zie Paragraaf 3.3).

Een zesde informatieproduct 'Overzicht CO₂-emissies' dat op basis van de informatiebehoefte is voorgesteld in overleg met de stakeholders is niet nader uitgewerkt, **omdat dit in de systeemstudies niet verder ter sprake is gekomen en stakeholders hebben aangegeven meer waarde te hechten aan een gedeeltelijke uitwerking van kosten als vijfde informatieproduct.**

Figuur 2 - Visual samenhang informatieproducten



Figuur 2 geeft aan hoe deze informatieproducten samenhangen. De uitgewerkte informatieproducten (zie Deel II) bevatten een gedetailleerdere weergave van de uitwisseling van gegevens die is weergegeven met de pijlen in deze figuur.

Het ligt voor de hand dat de ontwikkelingen van vraag en aanbod van energie (*Informatieproduct 1*) de basis zijn voor alle overige informatieproducten. Deze zijn bepaald voor de verschillende energiesysteems scenario's die in de systeemstudies zijn opgeleverd voor 2030 en 2050, en ook voor 2020 is het overzicht gemaakt. Op basis van vraag en aanbod naar energie hebben de netbeheerders berekeningen uitgevoerd aan de energie-infrastructuur om de knelpunten (*Informatieproduct 2*) inzichtelijk te maken. De oplossingsrichtingen die daarvoor verkend zijn (*Informatieproduct 3*) hebben mogelijk weer invloed op vraag en aanbod van energie. Bijvoorbeeld als het oplossingen betreft als netverzwaring, opslag, conversie, of beperking van vraag of aanbod. De mate waarin beslag wordt gelegd op beschikbare ruimte (*Informatieproduct 4*) is afhankelijk van zowel de opwek van hernieuwbare energie als eventuele oplossingen voor knelpunten. De kosten (zij het maatschappelijke kosten, eindgebruikerskosten of kostenverdeling over de keten) hangen op hun beurt weer af van vraag en aanbod, knelpunten en eventuele oplossingen.

3.4 Uitwerking informatieproducten

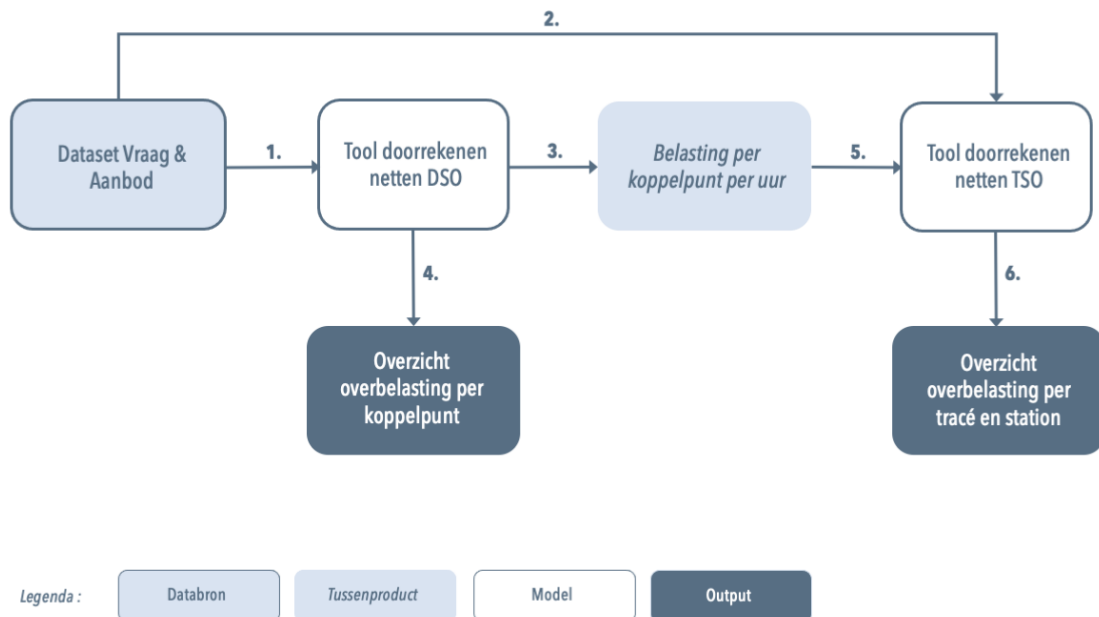
We hebben de vijf genoemde informatieproducten uitgewerkt in de vorm van 'Fiches'. De Fiches zijn uitgewerkt op drie verschillende detailniveaus:

1. Visueel.
2. Tekstuele toelichting op visueel.
3. Inhoudelijke en technische details voor standaardisatie.

Hierdoor zijn de Fiches toegankelijk voor geïnteresseerden met een meer of minder inhoudelijke en technische interesse. Iedere Fiche begint met een pagina met een visueel overzicht van de opbouw van het informatieproduct uit de brondata en tussenproducten, de samenhang met andere informatieproducten, de belanghebbenden voor wie het relevant is, eventuele toekomstige verbeterpunten en de potentie voor automatisering en standaardisatie. Aan het einde van dit hoofdstuk hebben wij de visuele overzichten opgenomen van alle uitgewerkte informatieproducten.

Op het tweede detailniveau wordt de visuele informatie verder toegelicht en uitgewerkt voor de inhoudelijke geïnteresseerde lezer. Het bevat een compleet overzicht en beschrijving van de gebruikte gegevens, de verwerking hiervan met verschillende modellen en de aannames die hierbij zijn gedaan om tot resultaten te komen. In het meer technische Deel II van deze rapportage komen deze verdere uitwerkingen terug. Een voorbeeld van een weergave van een dergelijke uitwerking staat in Figuur 3.

Figuur 3 - Voorbeeld van schematische weergave van gebruikte modellen voor dataverwerking in Informatieproduct 2



Het derde detailniveau van de Fiches bevat vervolgens een zeer gedetailleerde en uitvoerige toelichting van alle gegevens die worden uitgewisseld tussen de verschillende bronnen, tussenproducten en modellen. Dit derde deel is vooral van belang voor modelleers en technisch geïnteresseerden en als naslagwerk. Ze zijn opgenomen in Appendix A van Deel II van deze rapportage.

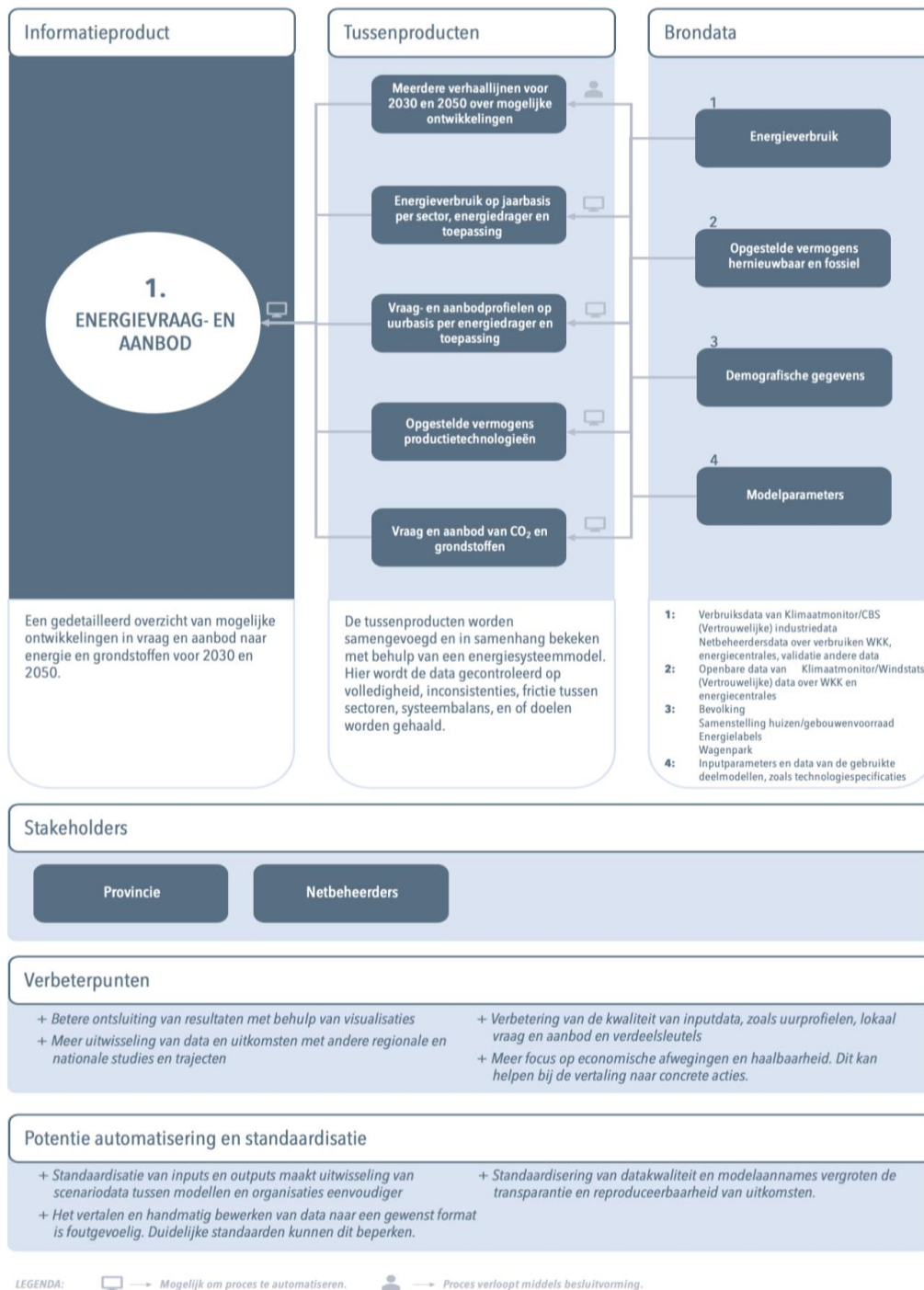
De uitwerking van de informatieproducten dient tevens als basis voor de uitwerking van de mogelijkheid om data-uitwisseling te standaardiseren en de eisen die dit stelt aan het informatiemodel. Dit is beschreven in Hoofdstuk 4. Daarom bevatten de Fiches her en der ook al verwijzingen naar de Energy System Description Language (ESDL) die in dat hoofdstuk wordt toegelicht.

De informatieproducten zijn niet allemaal in gelijke mate uitgewerkt omdat de systeemstudies zelf niet in gelijke mate op de informatieproducten focussen. Het Informatieproduct 1, energievraag en -aanbod, is het meest uitgewerkte. Daarvan zijn alle details van de informatie-uitwisseling in beeld gebracht in deze studie. Dit informatieproduct vervult in zijn eigen recht een informatiebehoefte, en is ook de basis voor andere informatieproducten (en is daarmee tegelijk een eindproduct en een tussenproduct). Ook Informatieproducten 2 en 3 behoren tot de kern van de systeemstudies en hebben in de voorbije systeemstudies een uitgebreide informatie-uitwisseling gekend. Dit is in deze studie in beeld gebracht. Informatieproducten 4 en 5 zijn minder ver uitgewerkt dan de eerste drie, omdat ze ook maar beperkt aan de orde zijn gekomen in de voorbije systeemstudies. De exacte uitwerking van de informatie-uitwisseling die nodig is om deze informatieproducten tot volwassenheid te brengen, moet blijken uit verdere studies. In dit rapport hebben wij ons voor deze informatieproducten beperkt tot een uitwerking op basis van de informatiebehoefte die is opgehaald in de interviews en werksessies. Verdere uitwerking zal eventueel moeten plaatsvinden in toekomstige systeemstudies of voor vergelijkbare scenario's.

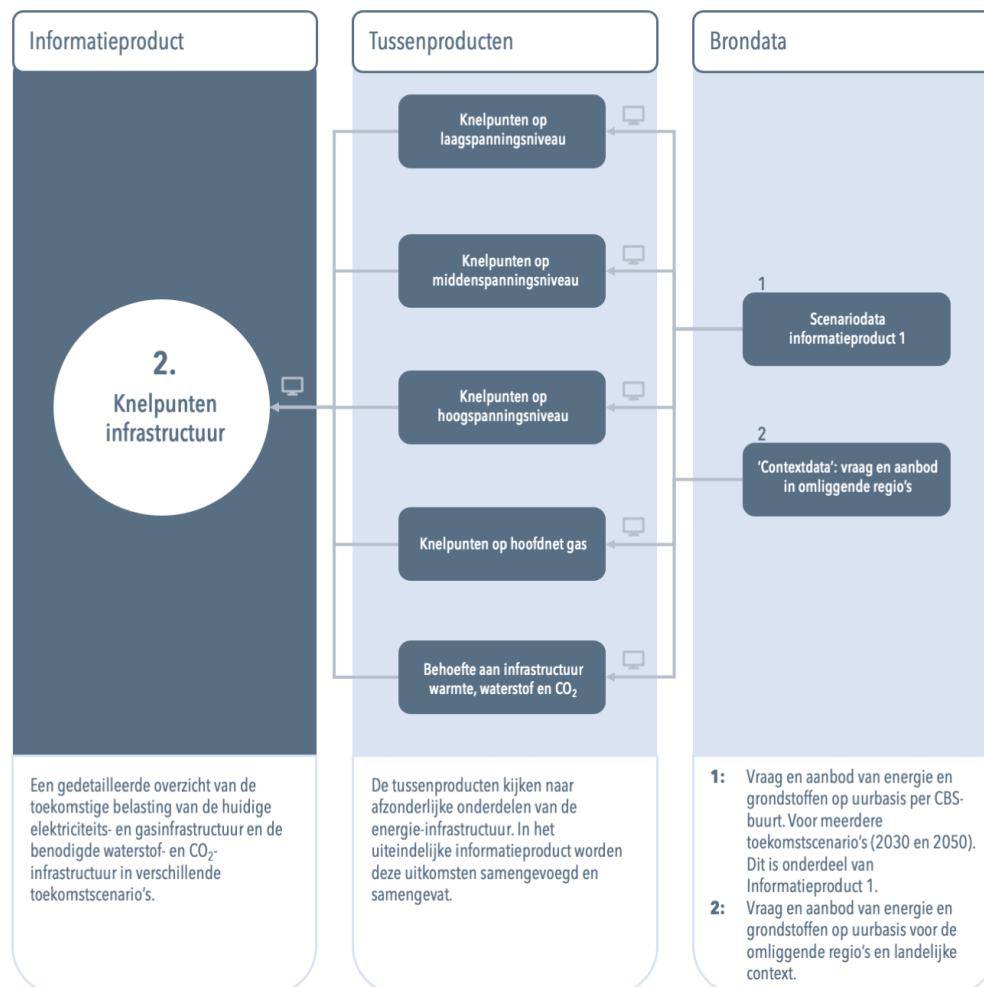
3.4.1 Visuele uitwerking informatieproducten

In deze paragraaf zijn de visuele uitwerkingen (niveau 1) van de Informatieproducten 1 t/m 5 weergegeven. Voor verder uitwerking van deze informatieproducten, zie Deel II van deze rapportage.

Informatieproduct 1 - Energievraag en -aanbod



Informatieproduct 2 - Knelpunten infrastructuur



Stakeholders

Netbeheerders

Provincie

Industrie

Verbeterpunten

- + Warmteinfrastructuur blijft vaak buiten beeld
- + Visualisaties verschillen per studie. Dat bemoeilijkt vergelijking.

- + Aannames over uurprofielen hebben een grote impact op de uitkomsten. De kwaliteit hiervan kan omhoog, met meer aandacht voor regionale verschillen

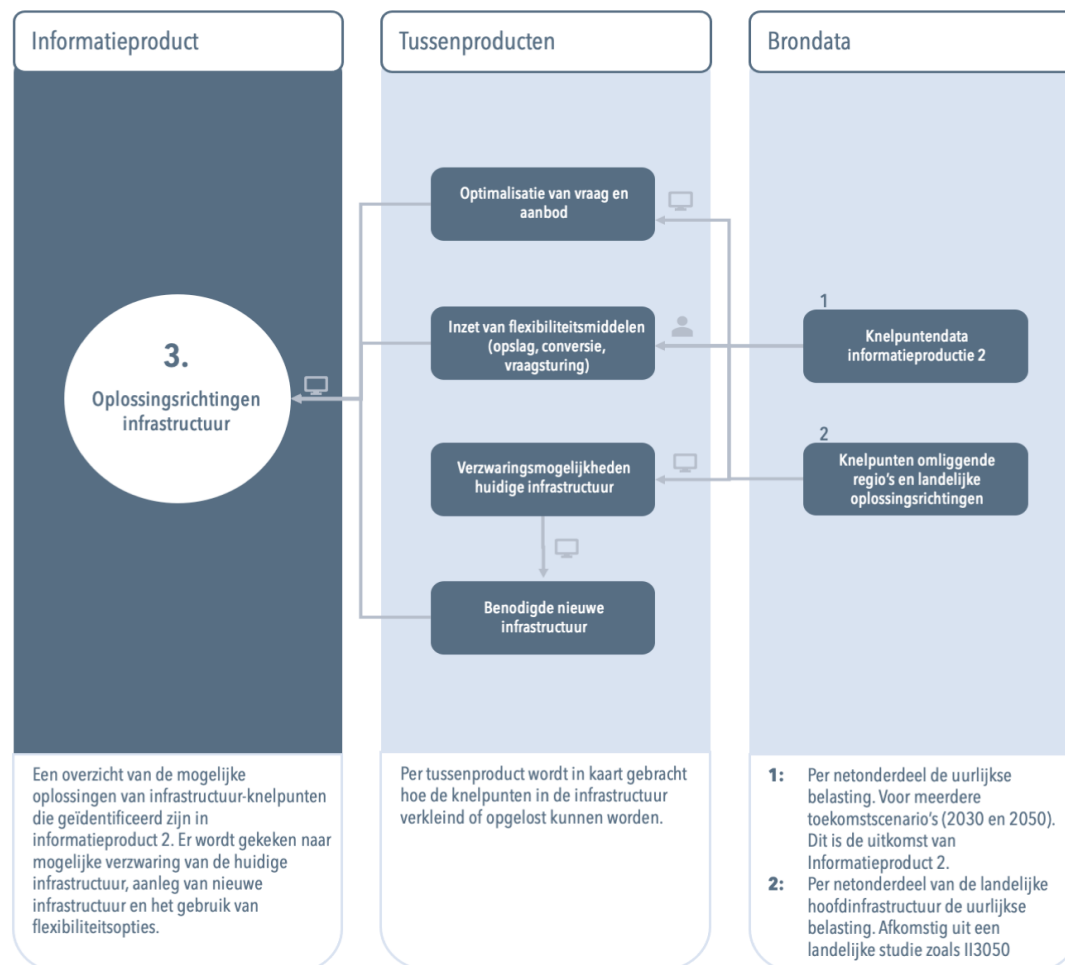
Potentie automatisering en standaardisatie

- + Standaardisatie van scenariodata (inputdata) helpt bij het inladen en uitwisselen van data in de infrastructuurmodellen van netbeheerders.
- + Hier is een koppeling te maken bij andere trajecten, zoals RES.

- + Om de impact op de hoofdinfrastructuur uit te rekenen, moeten de resultaten ingebed kunnen worden in aannames en resultaten over de landelijke context. Dit vereist dat methodieken en data-uitwisseling op elkaar wordt afgestemd.

LEGENDA: → Mogelijk om proces te automatiseren. → Proces verloopt middels besluitvorming.

Informatieproduct 3 - Oplossingsrichtingen infrastructuur



Stakeholders

Netbeheerders

Provincie

Industrie

Verbeterpunten

- + Meer aandacht voor de ruimtelijke impact, doorlooptijden en benodigde menskracht van infrastructuuruitbreidingen.
- + Grotere focus op kwantitatieve doorrekening van oplossingen

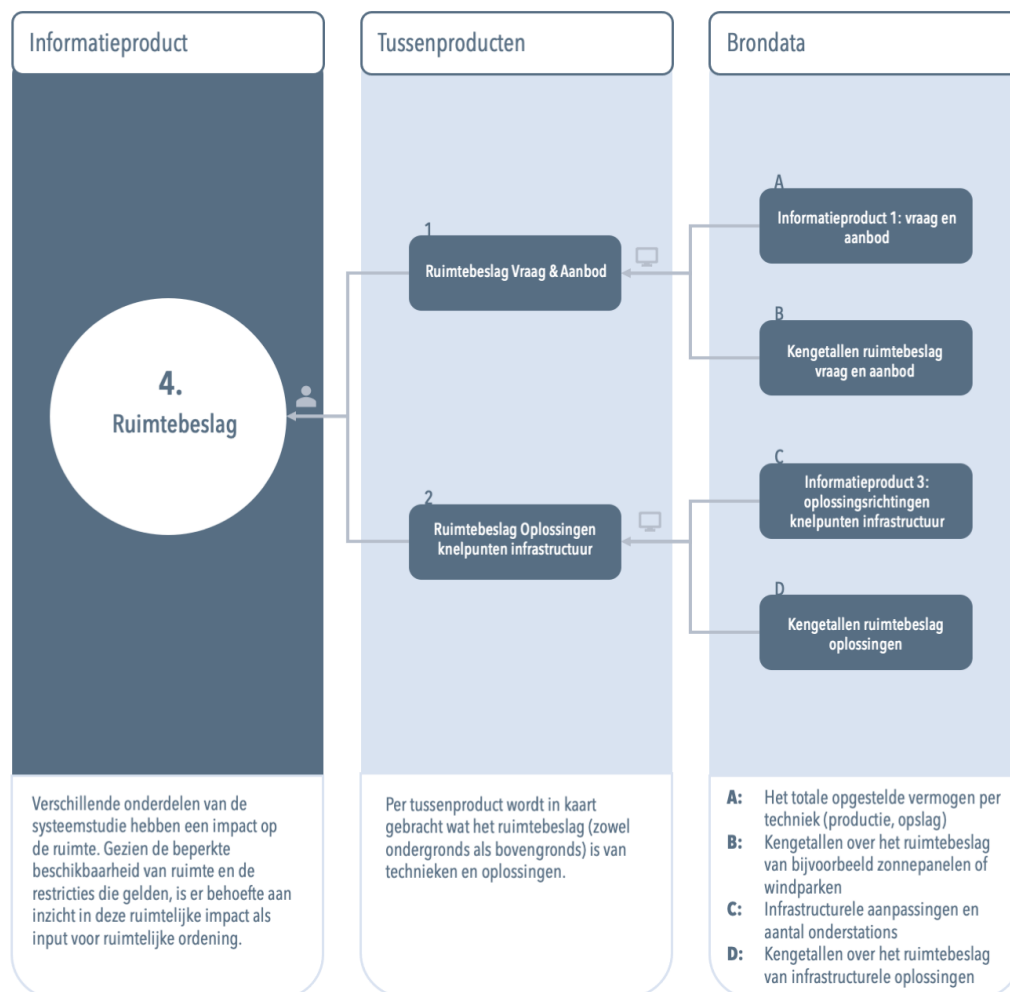
- + Betere samenwerking met informatieproduct 1 en 2. Informatie over knelpunten en oplossingsrichtingen leidt tot nieuwe inzichten over de vormgeving van energiestenari's (informatieproduct 1)

Potentie automatisering en standaardisatie

- + Energieinfrastructuur overstijgt regionale grenzen. Standaardisering kan koppeling van resultaten uit meerdere regio's vergemakkelijken.
- + Een goede oplossingsanalyse vergt veel iteraties in meerdere modellen. Dit is nu een drempel. Automatisering biedt hier uitkomst.

LEGENDA: → Mogelijk om proces te automatiseren. → Proces verloopt middels besluitvorming.

Informatieproduct 4 - Ruimtebeslag



Informatiebehoefte

- Inzicht in het ruimtebeslag van technieken en oplossingen
- Inzicht in de ruimtelijke inpassing van technieken en oplossingen

Stakeholders

Gemeentes

Provincie

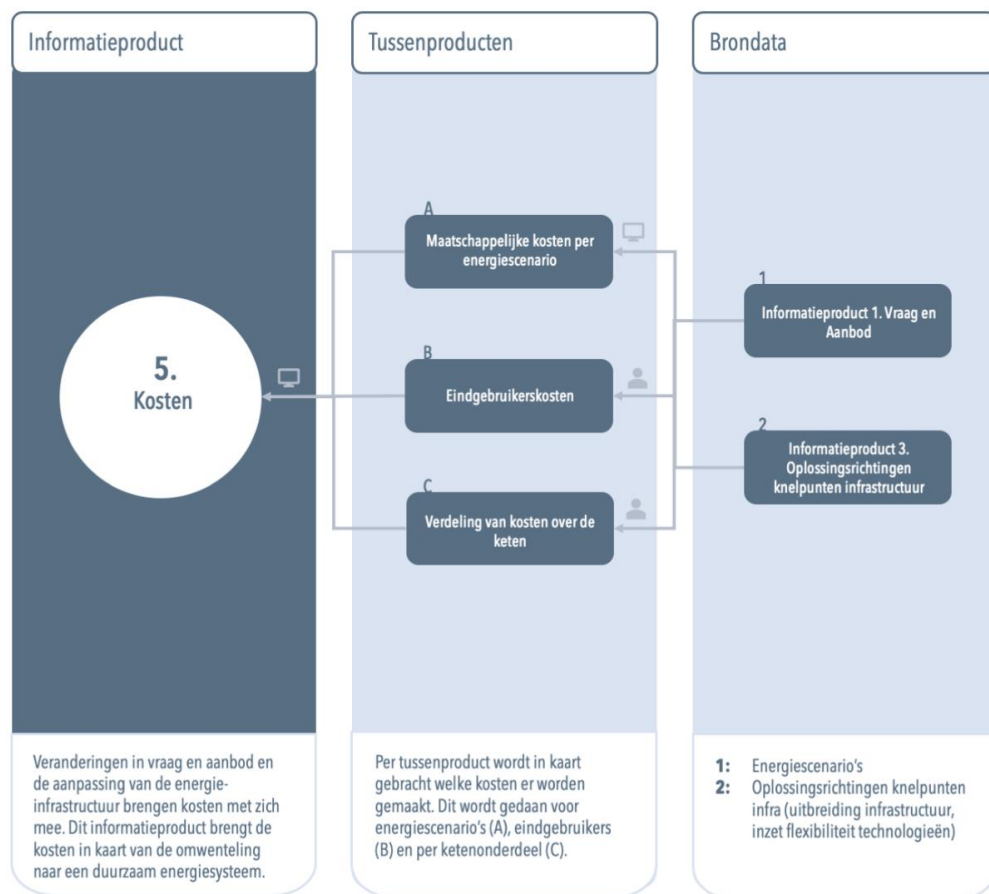
Netbeheerders

Potentie automatisering en standaardisatie

- Ruimtebeslag wordt vaak verschillend gedefinieerd, standaardisatie van ruimtebeslag per techniek biedt een uitkomst.
- Koppeling van ruimtelijke plannen naar de systeemstudie biedt mogelijkheden. Automatisering van uitkomsten naar (interactieve) kaarten kan een oplossing zijn.

LEGENDA: → Mogelijk om proces te automatiseren. → Proces verloopt middels besluitvorming.

Informatieproduct 5 - Kosten



Informatiebehoefte

- Inzicht in de maatschappelijke kosten van het energiesysteem om tot verstandige en integrale verduurzamingskeuzes te komen.
- Inzicht in kosten voor de eindgebruiker voor het creëren van draagvlak.
- Inzicht in de dynamiek achter kosten om bijvoorbeeld te begrijpen welke factoren een rol spelen of hoe besluitvorming de kosten beïnvloed.

Stakeholders

Netbeheerders

Provincie

Industrie

Potentie automatisering en standaardisatie

- Een database met kentallen van kosten uit gevalideerde bronnen zorgt voor een helder overzicht en voorkomt dat aannames sterk uiteen lopen.
- Richtlijnen welke kosten wel en niet worden meegenomen kan helpen.
- Studies en modellen gebruiken vaak een eigen scope.
- Het vastleggen van best practices voor het communiceren over kosten.

LEGENDA: → Mogelijk om proces te automatiseren. → Proces verloopt middels besluitvorming.

4 Informatiemodellen

Het vorige hoofdstuk beschrijft de informatieproducten en hun decompositie in tussenproducten en gebruikte brondata. Dit geeft inzicht in welke gegevens er tussen de verschillende deelmodellen van de adviseurs en netbeheerders uitgewisseld worden om te komen tot de inzichten in de provinciale systeemstudies. Het grootste gedeelte van de conversies van gegevens tussen de modellen gebeurt nu nog handmatig, deels geholpen door scriptjes die handmatig opgestart worden om een bepaalde conversie te doen naar het gewenste inputformaat voor het volgende model.

Om computersystemen onderling gegevens uit te laten wisselen op een geautomatiseerde manier, worden allerlei protocollen en vaak één of meerdere informatiemodellen ontwikkeld of gebruikt. Protocolafspraken zijn nodig om het überhaupt mogelijk te maken met elkaar te communiceren. Informatiemodellen zorgen ervoor dat de gegevens door deze computersystemen begrepen kunnen worden. Simpel gezegd definieert het informatiemodel welke taal er gebruikt wordt: welke woorden kunnen gebruikt worden, wat is de betekenis van die woorden en wat is de te hanteren grammatica, de relaties tussen de woorden ofwel hoe bouwen we de zinnen op. Protocollen zijn meestal wel gestandaardiseerd door internationale standaardisatie organen. Informatiemodellen kunnen gestandaardiseerd zijn, maar er kan ook sprake zijn van een bilaterale afspraak tussen twee partijen. Zie voor een uitgebreidere beschrijving van informatiemodellen, standaarden en protocollen het kader.

Tekstbox 2 - Wat is een informatiemodel, standaard en protocol?

Een **informatiemodel** beschrijft de structuur, de semantiek en de eigenschappen van allerlei concepten in een bepaald domein. Het legt vast hoe dingen heten, wat de betekenis is, welke eigenschappen ze hebben en welke relaties er binnen het domein bestaan. ESDL is een informatiemodel dat ontwikkeld is voor het energiedomein, met de energietransitie modellers (modelontwikkelaars, adviesbureaus, netbeheerders) als specifieke doelgroep. Zie onder andere de website van Geonovum⁴ voor meer informatie over wat een informatiemodel precies is en welke soorten er zijn.

Standaarden bevatten een set aan afspraken over een bepaald onderwerp en met een bepaald doel. Ze worden over het algemeen beheerd door een standaardisatieorgaan. Vaak is er een heel proces ingericht om te komen tot een standaard, met allerlei fases van draft versies, reviews en uiteindelijke acceptatie van de standaard. In sommige domeinen worden standaarden voorgeschreven en is men verplicht zich hieraan te houden. Er bestaan ook 'de facto standaarden' die niet beheerd worden. Deze ontstaan zodra er voldoende partijen zich aan een bepaalde set aan afspraken gaan houden.

Een **protocol** in de informaticawereld is een set aan afspraken waarmee twee computersystemen met elkaar kunnen communiceren. Het is in die zin veel technischer. Via een protocol kan informatie tussen twee systemen uitgewisseld worden. Het informatiemodel kan weer helpen bij het interpreteren van de uitgewisselde informatie. Protocollen zijn meestal gestandaardiseerd.

4.1 Nut van informatiemodellen

In deze studie is op basis van de benodigde gegevensuitwisseling tussen de deelmodellen gezocht naar bestaande informatiemodellen die toepasbaar zouden kunnen zijn bij verdergaande automatisering van deze gegevensuitwisseling. Naast het voordeel van automatische gegevensuitwisseling, is het voor hergebruik van eindresultaten (of tussenresultaten) in vervolgstudies ook makkelijk als er tussen de verschillende partijen afspraken gemaakt worden op dit vlak.

In de verschillende gehouden workshops met de betrokken stakeholders (o.a. modellers, adviesbureaus en de landelijke en regionale netbeheerders) is meerdere malen uitgesproken dat de meerwaarde van zowel automatisering als hergebruik duidelijk gezien wordt. Automatisering maakt het enerzijds gemakkelijker om modellen een groot aantal keren informatie uit te laten wisselen (in het geval van bijvoorbeeld gevoeligheidsanalyses) en anderzijds maakt het de gegevensuitwisseling minder gevoelig voor menselijke fouten in het conversieproces. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat automatisering ook een initiële tijdsinvestering met zich meebrengt (voor de ontwikkeling) en dat dat altijd afgewogen moet worden tegen hoeveel tijdswinst het oplevert.

4.2 Scan van beschikbare informatiemodellen en standaarden

Studies als de provinciale systeemstudies betreffen het energiesysteem in de volle breedte. Er wordt inzicht in het totaalplaatje gegeven, door het combineren van informatie uit allerlei deelmodellen. Om deze informatie bij elkaar te brengen en combineerbaar te maken is dus ook een informatiemodel nodig dat die breedte heeft.

De scan naar beschikbare informatiemodellen en standaarden is uitgevoerd als desk-research. Er is een groot aantal informatiemodellen en standaarden beschikbaar en in heel veel studies worden deze ook gebruikt. Vaak hebben de informatiemodellen en standaarden een relatief nauwe scope: ze richten zich op het beschrijven van gebouwen, op het beschrijven van kaartinformatie, ze zijn alleen geschikt voor het elektriciteitsdomein of alleen bruikbaar voor warmte- en koudnetwerken.

Er zijn uiteindelijk twee mogelijke kandidaten gevonden die het volledige energiesysteem beschrijven². De **Open Energy Ontology**, ontwikkeld door een aantal Duitse onderzoeksinstituten en universiteiten en ESDL, de **Energy System Description Language**, ontwikkeld door TNO. De eerste publicatie van de Open Energy Ontology is van de zomer van 2020. Het is nog niet zo ver ontwikkeld als ESDL, die in 2017 voor het eerst gepubliceerd is en sindsdien vele updates en uitbreidingen heeft gekend. Tevens is er nog niet zo veel documentatie beschikbaar en is het lastig in te schatten of alle benodigde informatie vanuit de provinciale systeemstudies in de Open Energy Ontology beschreven zou kunnen worden.

Op basis van de inventarisatie zoals weergegeven in de visuals uit het vorige hoofdstuk hebben we geconcludeerd dat het grootste gedeelte (90-95%) van de informatie die nu tussen de deelmodellen uitgewisseld wordt en waar automatisering wenselijk lijkt al in ESDL beschreven kan worden. Daar waar dat nog niet helemaal goed lukt, zijn eerst afspraken nodig tussen de verschillende partijen over hoe iets gemodelleerd kan worden en betreft het daarna een kleine aanpassing van ESDL.

² De volledige lijst van de geanalyseerde informatiemodellen, met een beknopte beschrijving van de scope van elk model staat in Deel II, Hoofdstuk 3.

4.3 Voordelen van ESDL

ESDL is open source beschikbaar en is goed gedocumenteerd. ESDL kan in de toekomst gebruikt worden voor gegevensuitwisseling tussen modellen. Er kunnen dan meer modeldoorrekeningen in kortere tijd uitgevoerd worden omdat het proces van gegevensuitwisseling geautomatiseerd is. Het actualiseren of aanscherpen van een studie of doorrekening op basis van nieuwe ontwikkelingen en inzichten in het energiesysteem, of methoden en technieken in energiesysteemanalyse, zou hierdoor ook makkelijker moeten worden. Ook wordt het leveren van bijdragen vanuit verschillende partijen (modellereurs, adviesbureaus en de landelijke en regionale netbeheerders, maar wellicht ook vanuit stakeholders in systeemanalyse op andere schaalniveau's zoals de CES'en en RES'en) makkelijker door standaardisatie.

4.4 Beschikbaarheid van ESDL-software en rekenmodellen

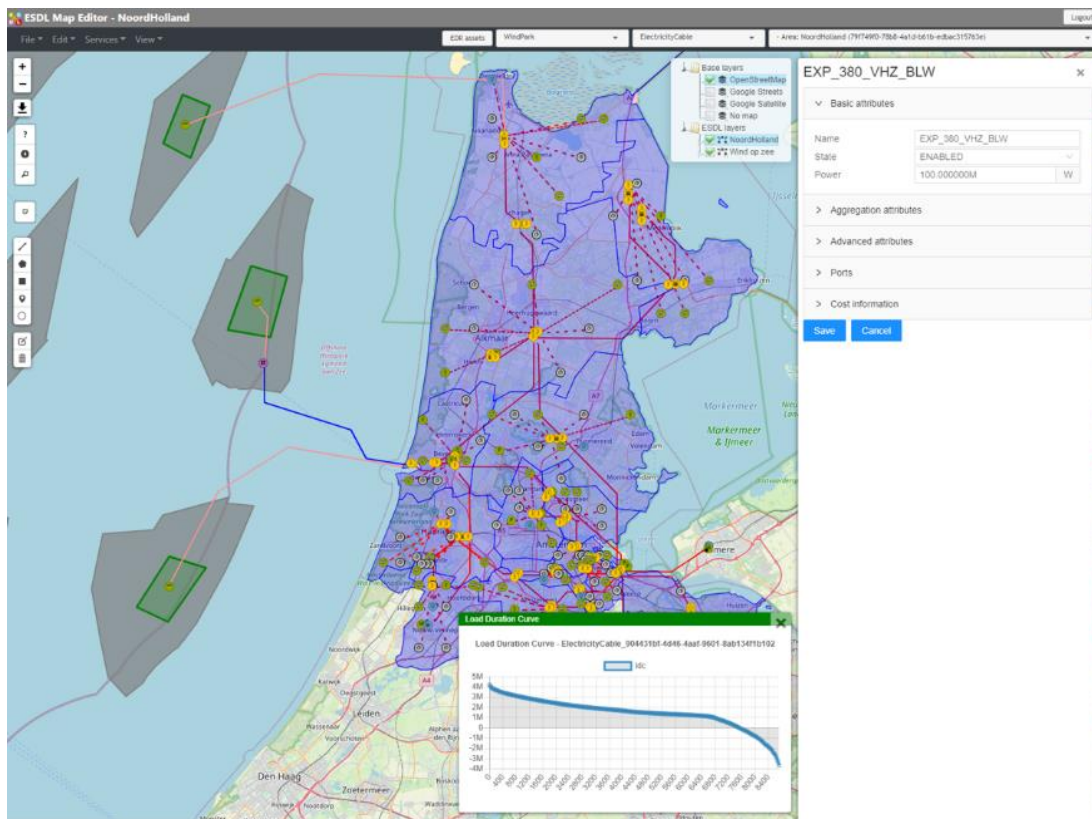
De acceptatie van een nieuwe standaard voor het beschrijven van energiesysteemscenario's staat of valt met de beschikbaarheid van software om hier mee om te gaan. Zonder het softwareprogramma Excel zou het bewerken en bekijken van CSV-bestanden en XLS-bestanden problematisch worden en zouden dat soort bestanden minder gebruikt worden. Hetzelfde geldt voor ESDL: software tools zijn nodig om ze te bekijken en te bewerken. In verschillende projecten wordt er de afgelopen jaren al gewerkt aan diverse softwareapplicaties die ESDL-compatible zijn. De belangrijkste applicatie is de ESDL MapEditor.

4.5 De ESDL MapEditor

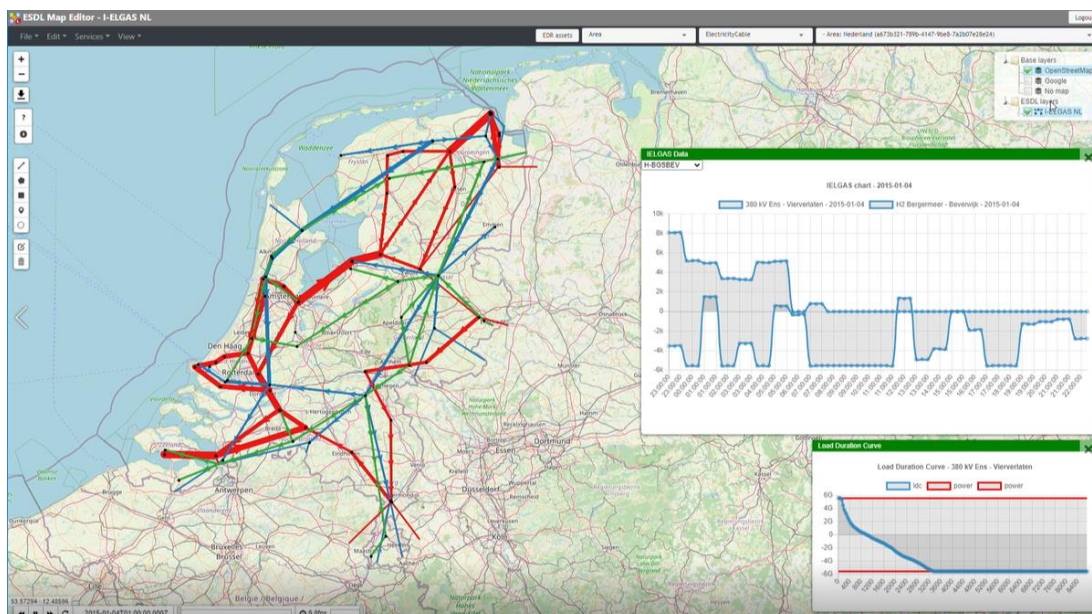
De ESDL MapEditor is een kaart-gebaseerde applicatie waarmee energiesysteemscenario's ontworpen kunnen worden. Tevens kan allerlei GIS gebaseerde informatie getoond worden die nodig kan zijn voor het ontwerp. De ESDL MapEditor is gedurende de afgelopen twee jaar steeds meer de rol gaan spelen als gebruikersinterface voor verschillende rekenmodellen. Het biedt ruimtelijk inzicht in het energiesysteem. Tenslotte zijn er ook steeds meer mogelijkheden voor het visualiseren van resultaten van rekenmodellen. De ESDL MapEditor is open source beschikbaar en is door iedereen met voldoende IT-kennis zelf te installeren.

Het eerste plaatje (Figuur 4) geeft een indruk weer van een ESDL-beschrijving van bepaalde scenario voor de provincie Noord-Holland. Het tweede plaatje (Figuur 5) geeft een schermafbeelding van een animatie van de belasting van een nationaal infrastructuurmodel.

Figuur 4 - Voorbeeld van een scenariobeschrijving van de provincie Noord-Holland in ESDL



Figuur 5 - Schermafdruk van een animatie van de belasting van het net in een nationaal infrastructuurmodel



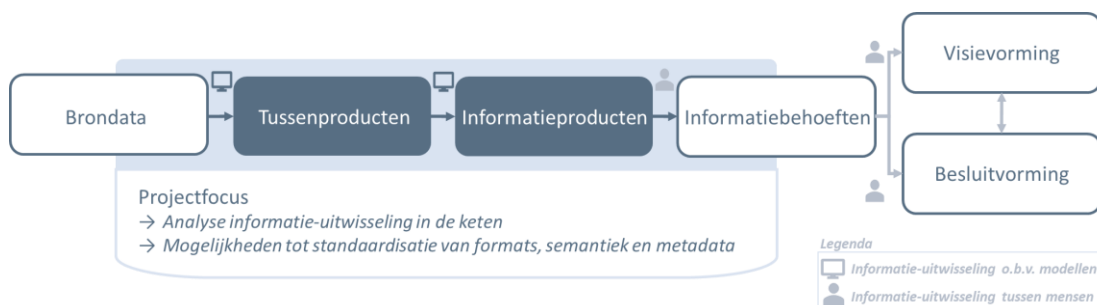
De ESDL MapEditor zou in de toekomstige provinciale studies (maar ook voor studies op andere schaalniveaus) gebruikt kunnen worden voor het inladen, visualiseren en analyseren van de verschillende scenario's, die gecreëerd zijn door het combineren van de resultaten uit de verschillende deelmodellen (Het eerste plaatje hierboven is op basis van de Excel-database voor de provinciale systeemstudie Noord-Holland gemaakt). Vanuit de ESDL MapEditor zou het ETM aangeroepen kunnen worden voor de validatie van de resultaten.

In eerste instantie is de verwachting dat de ESDL MapEditor vooral door adviseurs en modellers gebruikt gaat worden, maar het is zeker niet uit te sluiten dat op termijn ook voor een breder publiek van nut kan blijken.

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is de informatie-uitwisseling van voorbije systeemstudies systematisch geanalyseerd en in kaart gebracht. Op deze manier zijn de informatiebehoeften van eindgebruikers van de modelresultaten systematisch gelinkt aan informatieproducten die eraan kunnen voldoen. Voor de informatieproducten zelf hebben we in beeld gebracht hoe ze opgebouwd kunnen worden op basis van brondata. Ten slotte illustreert deze studie ook welke rol informatiemodellen kunnen spelen en hoe standaardisatie van de informatie-uitwisseling kan bijdragen tot betere uitwisselbaarheid, efficiëntie, snelheid en consistentie. Figuur 6 vat de informatieketen samen.

Figuur 6 - Overzicht informatieketen



Op basis van de gesprekken met verschillende stakeholders, en eigen ervaringen in uiteenlopende trajecten vatten we de conclusies en aanbevelingen voor beleidsmakers hieronder samen.

5.1 Conclusies

Analyse informatiebehoeften

De informatiebehoeften van eindgebruikers van modelresultaten van systeemstudies zijn geïnterpreteerd op basis van interviews, en vervolgens geverifieerd in een workshop. De inventarisatie van informatiebehoeften op basis van de systeemstudies Limburg en Noord-Holland bleken herkenbaar in andere systeemstudies, en in die zin ook representatief voor de systeemstudies in het algemeen.

De eerste drie informatiebehoeften die ingevuld worden in de systeemstudies zijn inzichten in energievraag en -aanbod, ontstaan van knelpunten, en hun mogelijke oplossingen. Met verloop van tijd, zijn de informatiebehoeften verbreed. Uit de gesprekken stellen we vast dat stakeholders ook behoefte hebben aan inzichten in het ruimtebeslag van opwek, nieuwe vraag en oplossingsrichtingen, en aan inzichten in de kosten en emissies in de uitstoot die de energietransitie met zich meebrengt.

De laatste informatiebehoeften zijn nog amper tot niet ingevuld in de systeemstudies. De meest recente systeemstudie, die van Zuid-Holland, gaat in beperkte mate in op het ruimtebeslag, maar de invulling van die informatiebehoefte heeft nog niet de detaillering

van die van andere informatiebehoefte. Andere informatiebehoefte, met name kosten en uitstoot zijn nog niet ingevuld. Van deze twee informatiebehoefte hebben we daarom slechts één, kosten, ter illustratie geanalyseerd in deze rapportage.

Opstellen informatieproducten

Voor vijf geïdentificeerde informatiebehoefte van systeemstudies is in dit rapport een informatieproduct opgesteld. Daarvoor hebben we de informatieketen geanalyseerd: wat zijn concreet en precies de stappen van brondata naar invulling van informatiebehoefte. Voor deze gedetailleerde analyse zijn twee systeemstudies, van Noord-Holland en van Limburg, als casestudies gebruikt.

Het detailniveau van uitwerking is volledig afhankelijk van de mate van informatie-uitwisseling tijdens een systeemstudie. Informatieproduct 1, energievraag en -aanbod, is het meest uitgewerkte. Dit informatieproduct is een hoeksteen van elke systeemstudie en kent daarom de meeste informatie-uitwisseling. Informatieproducten 4 en 5, ruimtebeslag en kosten, zijn het minst uitgewerkt omdat ze tot nog toe maar beperkt aan bod gekomen zijn in systeemstudies. We hebben een aanzet gegeven voor de uitwerking van deze informatieproducten, verdere uitwerking zal eventueel moeten plaatsvinden in toekomstige systeemstudies of voor vergelijkbare scenariostudies.

Gebruik van informatiemodellen

Het gebruik van informatiemodellen kan zorgen voor automatisatie, gemakkelijker hergebruik van resultaten en betere afspraken tussen de betrokken partijen. In de voorbije systeemstudies gebeurde de uitwisseling van gegevens tussen de verschillende deelmodellen van de adviseurs en netbeheerders grotendeels handmatig, deels geholpen door scriptjes die handmatig opgestart worden.

Om een geschikt informatiemodel voor energiesystemen in de volle breedte te vinden, is een analyse uitgevoerd van de beschikbare informatiemodellen en standaarden. Op basis hiervan is ESDL, Energy System Description Language, geselecteerd als het informatiemodel dat als beste het volledige energiesysteem beschrijft, open source is en goed gedocumenteerd is. De inventarisatie van informatie die nu tussen de deelmodellen uitgewisseld wordt en waar automatisering wenselijk kan al grotendeels in ESDL beschreven kan worden. Daar waar dat nog niet helemaal goed lukt, zijn eerst afspraken nodig tussen de verschillende partijen over hoe iets gemodelleerd kan worden en betreft het daarna een kleine aanpassing van ESDL.

Uitdagingen informatie-uitwisseling

Ervaringen met de afgeronde systeemstudies leren dat informatie-uitwisseling in haar huidige vorm een aantal uitdagingen met zich meebrengt. Belangrijke struikelblokken zijn momenteel:

- **Afspraken over jaartallen, eenheden, geografische indeling, enz.** Er moeten afspraken gemaakt worden over jaartallen, eenheden (kWh, MWh, GJ), geografische afbakening (CBS-buurt, netvlakken), enz. Verschillen vragen om tijdrovende omzettingen. Deze afspraken moeten gemaakt worden door partijen betrokken in de dataverstrekking en modellering, zoals CBS, PBL, adviesbureaus, netbeheerders en overheden.

- **Afspraken over formats en methodieken.** Het format van databestanden en de methodieken die gebruikt worden om informatie te aggregeren zijn andere belangrijke aspecten waarover overeenstemming dient te bestaan. Dit betreft het soort bestand of taal, maar ook de wijze waarop gegevens binnen het bestand zijn geordend en gecombineerd. Door de formats van data-uitwisseling te standaardiseren als bestandstype en meer nog als taal, kan data-uitwisseling veel sneller en efficiënter worden. Bovendien kunnen fouten vermeden worden en kan data-uitwisseling automatisch verlopen. Dit soort afspraken moeten door modelleurs en/of door een standaardisatieorgaan gemaakt worden.

5.2 Aanbevelingen voor beleidsmakers

De analyse van informatiebehoefte, invulling ervan met informatieproducten en gebruik van een informatiemodel kan toegepast worden op andere trajecten. In het bijzonder trajecten waarbij uitgebreide data- en informatie-uitwisseling tussen verschillende partijen plaatsvindt kunnen hierdoor versneld en verbeterd worden. Hieronder doen we aanbevelingen voor beleidsmakers. Aanbevelingen voor modelleurs en softwareontwikkelaars staan in Deel II van dit rapport.

5.2.1 Scopebepaling voor standaardisatie en automatisering

In Nederland lopen momenteel veel verschillende trajecten, zoals provinciale systeemstudies, I13050, wijkuitvoeringsplannen, regionale energiestrategieën (RES'en), cluster energiestrategieën (CES'en), uiteenlopende projecten voor de Noordzee (waaronder verkenning aanlanding wind op zee (VAWOZ)), trajecten voor opslag van CO₂ (waaronder Porthos en Athos), enz. In hoeverre deze trajecten individueel leunen op modellen varieert. In bepaalde trajecten, zoals systeemstudies en I13050 staat modellering centraal. Andere trajecten draaien meer om stakeholder engagement of andere aspecten van de energietransitie.

Gestandaardiseerde informatie-uitwisseling tussen partijen en modellen kan voordelen met zich meebrengen voor systeemintegratie. Snelheid, consistentie en efficiëntie zijn daarvan de belangrijkste. Tegelijkertijd brengt gestandaardiseerde informatie-uitwisseling ook uitdagingen en nadelen met zich mee. Het vergt een breed opgezet proces met de betrokken stakeholders, een grote tijdsinvestering en kent typisch lange doorlooptijden. Standaardisatie en maatwerk zijn daarnaast moeilijk te combineren. Om de kracht en de mogelijkheden van een gestandaardiseerde informatie-uitwisseling ten volle te benutten, dient het voor de juiste processen ingezet te worden. Provinciale energiesysteemstudies en andere systeemintegratietrajecten zijn hier voorbeelden van.

De investeringen van geld en tijd in gestandaardiseerde informatie-uitwisseling is vooral van belang voor trajecten die sterk leunen op modellen.

5.2.2 Doelen en proces voor standaardisatie

Standaardisatie kan verschillende doelen dienen. Helder stellen van deze doelen, en de juiste partijen betrekken bespoedigt het proces en verhoogt de kansen op slagen. Dat kan een bottom-up- of een top-downproces zijn.

Op basis van de interviews gevoerd voor deze studie, en onze eigen ervaringen, zijn de belangrijkste stakeholders hierbij:

- bouwers van energiemodellen, met name van systeemmodellen en deelmodellen die interageren met de systeemmodellen;
- adviseurs die gebruikmaken van de bovenstaande modellen;
- netbeheerders, aangezien het net alle energiesysteemelementen verbindt;
- Overheden en overheidsorganisaties die de verantwoordelijkheid dragen voor het energiesysteem als geheel, bijvoorbeeld het Rijk, provincies en het PBL.

Doel: Informatie-uitwisseling tussen modellen

Informatie-uitwisseling is van belang bij integrale trajecten, waarbij één model niet het volledige antwoord op de vraag kan bieden. Voor deze trajecten, zoals de systeemstudies of I13050, is een snelle, consistente en efficiënte informatie-uitwisseling tussen modellen van belang. Gebruik van een informatiemodel, zoals ESDL, is hier duidelijk van meerwaarde. Dit rapport illustreert dit.

Proces: Om informatie-uitwisseling tussen modellen te bevorderen, moeten zowel modelleurs afspraken maken en overeenstemming vinden. Opdrachtgevers – en daarmee eindgebruikers van de modelresultaten – kunnen dit proces desgewenst ondersteunen door expliciet te vragen naar gekoppelde of koppelbare modellen in de offerteaanvragen, en budget te voorzien om deze ontwikkeling te ondersteunen.

Doel: Interpreteerbaarheid en overdraagbaarheid van modelresultaten

Elk model is ontwikkeld voor een specifiek doel en is daarom gebaseerd op een eigen set aan aannames en vereenvoudigingen van de realiteit. Soms is het wenselijk resultaten van verschillende modellen met elkaar te vergelijken. De verschillen in de resultaten kunnen twee oorzaken hebben, met name verschillen in aannames en vereenvoudigingen, en verschillen in definities. De eerste kunnen niet weggenomen worden door gestandaardiseerde informatie-uitwisseling. Juist omdat modellen vereenvoudigingen zijn van de realiteit, is het bovendien waardevol verschillende modellen te hebben en te kunnen vergelijken die verschillende aspecten van de realiteit belichten. Wel is het mogelijk om modelresultaten aan te vullen met meta-data over het gebruikte model, doelstelling, scope, granulariteit en impliciete en expliciete veronderstellingen. Zo worden de data *interpreteerbaar* en daarmee *overdraagbaar*. Om data goed te kunnen duiden en zo toegankelijk en overdraagbaar te maken zijn meta-data (informatie over de data) noodzakelijk. Zo kunnen ook derden verbeteringen voorstellen en naar de toekomst toe ook verbeteren.

Proces: Om vergelijkbaarheid tussen modelresultaten te bevorderen is zijn metadata en modeldocumentatie van groot belang. Hoewel modelleurs het belang hiervan onderschrijven, blijkt in de praktijk onvoldoende tijd, oog en budget te zijn voor documentatie en gedegen metadata. Ook hier kunnen gezamenlijke inspanningen van modelleurs en eindgebruikers leiden tot betere documentatie en metadata, en daarmee betere interpreteerbaarheid en overdraagbaarheid van modelresultaten.

Doel: Vergelijkbaarheid van lokale resultaten

Vergelijkbaarheid van resultaten is van belang voor geregionaliseerde trajecten waarvoor het wenselijk is om nationaal vergelijkbare resultaten te hebben, bijvoorbeeld de RES'en en CES'en. De resultaten van deze regionale trajecten kunnen bovendien ook als brondata dienen voor integrale landelijke modellen. In beide gevallen is het dan van belang dat een eenduidige definitie te gebruiken: hebben de resultaten in de verschillende regionale deelstudies eenzelfde (en eenduidige) betekenis? Het voordeel van gestandaardiseerde informatie-uitwisseling ligt daarmee in de verwerking van de regionale resultaten op het nationale niveau, en minder in de ondersteuning van de regionale processen die veeleer stakeholderprocessen zijn. Een uitzondering daarop zijn doorrekeningen door netbeheerders. In de RES'en en CES'en wordt netbeheerders gevraagd de netimpact te bepalen. Deze is zeer gebaat bij consistentie tussen opgeleverde gegevens, definitie, etc. aangezien regionale resultaten 'ingebed' moeten kunnen worden in landelijke netberekeningen en scenario's.

Proces: Om deze doelstelling te halen zijn afspraken nodig waarbij een groot aantal regionale stakeholders betrokken is, naast nationale stakeholders zoals netbeheerders en PBL. Een proces met een dergelijk groot aantal stakeholders is complex en moet, tenminste gedeeltelijk, top-down gecoördineerd worden. Hierbij is het belangrijk dat alle betrokken partijen het belang en de voordelen inzien van vergelijkbaarheid van resultaten. Het is ook belangrijk om de nadelen te onderkennen, met name het mogelijk verlies van lokaal maatwerk. Een dergelijk proces vraagt een niet te onderschatten doorlooptijd en inspanning.

5.3 Vooruitblik

De systeemstudies zijn een voorbeeld van de vele intensieve trajecten die door het Klimaatakkoord ingezet voor de verkenning van de toekomstige energie-infrastructuur. Al deze trajecten zijn met elkaar verweven aangezien het energiesysteem in essentie één samenhangend systeem is. Consistente coördinatie en besluitvorming van verschillende stakeholders op verschillende schaalniveaus wordt daarom een cruciale uitdaging voor de energietransitie. Modellen kunnen coördinatie en besluitvorming ondersteunen. Om de kracht van modellen beter te kunnen benutten moeten de informatie-uitwisseling, interpreteerbaarheid, overdraagbaarheid en vergelijkbaarheid verder verbeterd worden. Daarvoor zijn in onze ogen afspraken en standaardisatie nodig. Deze studie illustreert dit. Een integrale gemeenschap van modelleers en stakeholders in de energiesysteemanalyse kan dit, mits voldoende ondersteuning, waarmaken en daarmee de energietransitie aanzienlijk bevorderen.

A Literatuur

- Berenschot & Quintel, 2020.** *Systeemstudie Overijssel*. Utrecht, Berenschot B.V.
- CE Delft, ECN-TNO & Studio Marco Vermeulen, 2019.** *Rapportage systeemstudie energieinfrastructuur Noord-Holland 2020-2050*. Delft, CE Delft.
- CE Delft & Quintel, 2019.** *Systeemstudie energie-infrastructuur Groningen & Drenthe 2020-205*. Delft, CE Delft.
- CE Delft, Quintel & TNO, 2020a.** *Systeemstudie energie-infrastructuur Limburg : Systeemstudie energie-infrastructuur Limburg*. Delft, CE Delft.
- CE Delft, Quintel & TNO, 2020b.** *Systeemstudie energie-infrastructuur Zuid-Holland : Integrale systeemstudie gas, elektriciteit, CO2 en warmte; 2020-2030-2050*. Delft: CE Delft.
- CE Delft & Royal Haskoning DHV, 2020.** *Systeemstudie energie-infrastructuur Zeeland 2020-2030-2050*. Delft, CE Delft.
- PBL. 2020.** *VIVET Verbetering Informatievoorziening : Werkplan april 2020 - maart 2021 en resultaten eerste jaar* [Online]. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Available: <https://www.pbl.nl/publicaties/vivet-verbetering-informatievoorziening-energietransitie> [Accessed 2021].