



**COMMON
FUTURES**

Kennis en Innovatie Roadmap Multi-Commodity Energy Hubs



Kennis en Innovatie Roadmap Multi-Commodity Energy Hubs

In opdracht van:



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland



Geschreven door: Jelle Hofstra, Lianne Havinga

Gereviewed door: Kees van der Leun

Common Futures Energy Transition Specialists B.V.

Vondellaan 54, 3521 GH Utrecht, The Netherlands

+31 30 281 9699

info@commonfutures.com

www.linkedin.com/company/commonfutures/

www.commonfutures.com

27 januari 2025

Samenvatting

Een Energy Hub is een slim gestuurd, decentraal energiesysteem waarbij de duurzame energieopwekking en het energiegebruik binnen een bepaald gebied zoveel mogelijk op elkaar worden afgestemd. De huidige focus in de realisatie van Energy Hubs ligt met name op het afstemmen van elektriciteitsstromen, om op korte termijn netcongestieproblematiek te adresseren. Op de lange termijn kan de integratie van diverse energiedragers in Energy Hubs, zogenaamde Multi-Commodity Energy Hubs (MCEHs), ook kansen bieden op het gebied van duurzaamheid, betaalbaarheid, betrouwbaarheid en efficiëntie van zowel de lokale energievoorziening als het gehele energiesysteem. In dit onderzoek zijn de belangrijkste kennis- en innovatievragen voor MCEH's geïdentificeerd en in een roadmap geplaatst. In totaal zijn 60 vragen geïdentificeerd, verdeeld over zes hoofdvragen en zestien thema's:

Hoe kan een multi-commodity energy hub ...					
1. ... gedefinieerd, gecategoriseerd en geïdentificeerd worden	2. ... bijdragen aan een goed energiesysteem	3. ... ingericht worden	4. ... georganiseerd worden	5. ... aangestuurd worden	6. ... effectief en tijdig gerealiseerd en opgeschaald worden
Definitie en categorisering	Prestatie-indicatoren	Ontwerp	Juridisch	Operatie	Realisatie en opschaling
Identificatie	Plannen en prioriteren	Koppelkansen	Financiering	Data	Toepassen van lessen
	Integratie van markt en infrastructuur		Samenwerking		Standaardisering
			Eigenaarschap		

Deze vragen zijn geïdentificeerd aan de hand van literatuuronderzoek, aangevuld door input van experts tijdens evenementen en tijdens acht groepsinterviews - waaraan 21 experts die diverse belanghebbenden vertegenwoordigden hebben deelgenomen. Er is specifiek gezocht naar vragen relevant voor MCEH's in de gebouwde omgeving en op bedrijventerreinen (inclusief Cluster 6), maar een groot deel van de vragen is ook in bredere zin toepasbaar op MCEH's.

Alle geïdentificeerde vragen zijn beoordeeld op urgentie en impact, en geëvalueerd op de behoefte naar de onderzoeksmethode en het type onderzoek. Dat is grotendeels gebaseerd op input uit de groepsinterviews. Aan de hand daarvan is voor elk van de 60 vragen **in de roadmap aangegeven**:

1. Wat voor **type onderzoek** waarschijnlijk nodig is om de vraag te beantwoorden
2. Welke **onderzoeksmethodes** waarschijnlijk toegepast zouden moeten worden, inclusief de vraag of de vraag geadresseerd moet worden in een pilot
3. **Wanneer** de vraag beantwoord zou moeten worden
4. **De voorziene duur** van het onderzoek
5. Hoe hoog **de verwachte impact** is.

De inzichten uit dit rapport zullen onder andere gebruikt worden door Topsector Energie (TSE), Programma Systeemintegratie (MMIP13), die het voornemen heeft om onderzoek en innovatie op het gebied van MCEH's in de programmering vanaf 2025 op te nemen.

Vragen uit de roadmap (1/2)

1 Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs gedefinieerd, gecategoriseerd en geïdentificeerd worden?

Definitie en categorisering

- | | |
|------|--|
| 1.1a | Hoe wordt een MCEH gedefinieerd? |
| 1.1b | Welke categorieën of archetypen van MCEH's kunnen worden gedefinieerd? |

Identificatie

- | | |
|------|---|
| 1.2a | Welke gegevens zijn nodig om veelbelovende gebieden voor MCEH's te identificeren? |
| 1.2b | Hoe kan vanuit een gebiedsperspectief bepaald worden wat de potentie en bottlenecks zijn en wat er gedaan moet worden om daar een MCEH te realiseren? |
| 1.2c | Hoe kunnen door een systematische aanpak veelbelovende gebieden voor MCEH's in Nederland geïdentificeerd worden en gekoppeld aan archetypen van MCEH's en energiedragers? |

2 Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs bijdragen aan een goed energiesysteem?

Prestatie indicatoren

- | | |
|------|--|
| 2.1a | Hoe moet de toegevoegde waarde van een MCEH worden gekarakteriseerd? |
| 2.1b | Wat is de potentie van MC Energy Hubs op de prestatie-indicatoren? |

Plannen en prioriteren

- | | |
|------|---|
| 2.2a | Hoe te bepalen welke Energy Hubs vanuit het maatschappelijk belang prioriteit moeten hebben? |
| 2.2b | Hoe kan het maatschappelijk belang van Energy Hubs vertaald worden naar lokale doelstellingen voor specifieke MCEH's? Hoe kan een landelijk afwegingskader worden toegepast om lokale initiatieven te beoordelen? |
| 2.2c | Hoe kunnen en moeten MCEH's meegenomen worden in lange termijn infrastructuur planning? |

Integratie van markt en infrastructuur

- | | |
|------|---|
| 2.3a | Welke mate van decentralisatie en centralisatie is wenselijk in het toekomstige energiesysteem? |
| 2.3b | Wat zijn de risico's en voordelen van een gedecentraliseerd energiesysteem? |
| 2.3c | Hoe kunnen investeringen in MCEH's worden geoptimaliseerd en hoe verhouden lokaal, regionaal en landelijk optimale investeringen zich tot elkaar? |
| 2.3d | Hoe kunnen MCEH's worden geïntegreerd met nationale energiemarkten op een manier die het nationale energiesysteem ondersteunt? |

3 Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs goed ingericht worden?

Ontwerp

- | | |
|------|--|
| 3.1a | Hoe definiëer en karakteriseer je de beschikbare bouwstenen waaruit MCEH's bestaan? |
| 3.1b | Voor de inrichting van de Hub: wat kan worden gestandaardiseerd en wat blijft maatwerk? |
| 3.1c | Welke kritische onzekerheden en risico's bestaan er bij het ontwerpen van een MCEH op basis van de lokale en nationale KPI's en hoe houd je daar rekening mee? |
| 3.1d | Aan welke ontwerp tools is behoefte voor verschillende archetypen? |
| 3.1e | Hoe kunnen bij het ontwerp van een MCEH de belangen van de diverse betrokken stakeholders integraal meegenomen worden in ontwerpkeuzes? |
| 3.1f | Hoe kunnen non-energetische stromen ook slim worden meegenomen in MCEH's, en bijdragen aan een meer veerkrachtige infrastructuur? |
| 3.1g | Hoe houd je rekening met de ruimtelijke impact en veiligheidsimplicaties als onderdeel van het ontwerp van een MCEH? (energieplanologie) |

Koppelkansen

- | | |
|------|--|
| 3.2a | Wat zijn koppelkansen voor verschillende archetypen in de omgeving van een MCEH die meegenomen kunnen worden? En wat moet er gebeuren om die te integreren? |
| 3.2b | Welke koppelkansen zijn er om in het ontwerp van een MCEH ook klimaatadaptatie en biodiversiteit maatregelen mee te nemen? |
| 3.2c | Hoe kan bij de overgang naar een MCEH een integrale afweging worden gemaakt, waarbij ook lange termijn energiebesparing en het voorkomen van lock-in wordt meegewogen? |

4 Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs georganiseerd worden? (1/2)

Juridisch

- | | |
|------|---|
| 4.1a | Wat zijn de mogelijke juridische vormen van samenwerking (en bijbehorende organisatievormen / governance modellen) in verschillende typen MCEH's? |
| 4.1b | Wat zijn de juridische complexiteiten (en obstakels) in het samenbrengen van warmte- en elektriciteitsmanagement binnen één gebied? |
| 4.1c | Wat moet er gebeuren voor toetreding tot en uittreding uit een MCEH? |
| 4.1d | Hoe zou "conscious contracting" voor eindgebruikers in de gebouwde omgeving georganiseerd moeten worden? |
| 4.1e | Welke markttrollen kan een Hub aannemen voor energiemarkten, congestie management, of onbalansmarkten, zoals een CSP of een BRP? |
| 4.1f | Wat zijn de technische/juridische/economische/organisatorische uitdagingen en kansen bij de overgang van een volledig elektrische EH naar een MCEH? |
| 4.1g | Aan welke standaardcontracten of templates is behoefte? |
| 4.1h | Welke Nederlandse en EU wet- en regelgeving is relevant voor MCEH's? |

Vragen uit de roadmap (2/2)

4 Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs georganiseerd worden? (2/2)

Financiering

- | | |
|------|---|
| 4.2a | Wat zijn de kansen en knelpunten in de financiering van MCEH's en hoe kunnen ze worden geadresseerd? |
| 4.2b | Wat zijn de bijkomende of verminderde risico's van een MC Energy Hub ten opzichte van 'normale' verduurzamingsmaatregelen, en hoe beïnvloedt dit de financiering? |

Samenwerking

- | | |
|------|--|
| 4.3a | Wat zijn de betrokken stakeholders? Hoe kunnen die partijen worden bereikt en bij elkaar gebracht, en worden gemotiveerd om te participeren in een MCEH? |
| 4.3b | Welke rollen moeten vervuld worden bij de organisatie en realisatie van MCEH's, en welke stakeholders kunnen welke rollen oppakken? |
| 4.3c | Wat zijn effectieve manieren om partijen te stimuleren om hun data te delen? |
| 4.3d | Hoe kan samenwerking in MCEH's worden bevorderd en flexibiliteit en participatie ontsloten? |
| 4.3e | Welke data en informatie zou standaard en wettelijk verplicht door bedrijven publiek beschikbaar gemaakt moeten worden om energie-samenwerking te faciliteren? |
| 4.3f | Welke uitdagingen ontstaan bij meerdere stakeholders die verschillende type energiecontracten hebben? En hoe kunnen die worden geadresseerd? |

Eigenaarschap

- | | |
|------|--|
| 4.4a | Wat zijn risico's/aansprakelijkheden en voor-/nadelen voor enerzijds de participanten en anderzijds de niet-participanten binnen een MCEH? |
| 4.4b | Hoe zouden eigenaarschap, verantwoordelijkheden, risico/aansprakelijkheid en kosten/baten georganiseerd en verdeeld kunnen worden? |
| 4.4c | In hoeverre kunnen aansprakelijkheden en risico's geborgd worden in verzekeringen? |

5 Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs goed aangestuurd worden?

Operatie

- | | |
|------|---|
| 5.1a | Hoe zou een lokale energiemarkt voor meerdere energiedragers en energiedelen moeten functioneren? |
| 5.1b | Welke eisen kunnen en moeten er gesteld worden aan de aansturingssystemen van MCEH's? |
| 5.1c | Welke afwegingen bestaan er in de operationele strategie van MCEH's en hoe kunnen Kunstmatige Intelligentie of Machine Learning bijdragen aan hun realtime-optimalisatie? |
| 5.1d | In hoeverre moet de operatie per gebruiker, per hub of centraal worden beïnvloed/beheerd? |
| 5.1e | Wat zijn kansrijke technologieën of methodes voor MCEH's die al binnen industrieën worden toegepast voor operationele optimalisatie? |

Data

- | | |
|------|--|
| 5.2a | Welke data is nodig van gebouwen/infrastructuur/activa in MCEH's om de besturing van de verschillende energiedragers te kunnen optimaliseren? |
| 5.2b | Welke externe data moet in de operationele strategie worden meegenomen? |
| 5.2c | Wat zijn de risico's en uitdagingen bij het verzamelen, verwerken en uitwisselen van data? Wat zijn mogelijke oplossingen, en welke open data- en cybersecuritystandaarden zijn nodig om de risico's te mitigeren? |

6 Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs effectief en tijdig gerealiseerd en opgeschaald worden?

Realisatie en opschaling

- | | |
|------|---|
| 6.1a | Hoe kan een MCEH worden gerealiseerd met beperkte betrokkenheid van de netbeheerder en met beperkte inspanningen in infrastructuurveranderingen om om te gaan met schaarste van mankracht en resources? |
| 6.1b | Welke instrumenten hebben de overheidsniveaus en welke hebben ze nodig om de ontwikkeling van MCEH's te richten en mogelijk te maken? |
| 6.1c | In hoeverre belemmert of stimuleert een Multi-Commodity aanpak de snelle realisatie van electricity only Energy Hubs? |
| 6.1d | Hoe kan een transitiepad voor de uitrol van MCEH's worden ontworpen met nog zoveel onzekerheden? |

Toepassen van lessen

- | | |
|------|--|
| 6.2a | Hoe kunnen nieuwe innovatie- en kennisvragen gekoppeld worden aan bestaande pilots/experimenten? |
| 6.2b | Aan welke normen zouden pilots moeten voldoen om de lessen goed toepasbaar te maken? |
| 6.2c | Wat zijn (inter)nationale best practices bij het realiseren van MCEH's? |

Standaardisering

- | | |
|------|--|
| 6.3a | Welke richtlijnen en normen zullen moeten worden ontwikkeld voor inrichting, organisatie, aansturing en realisatie van de verschillende archetypen van MCEH's? |
|------|--|

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	6
Inleiding	7
Scope van het onderzoek	7
Methode	9
1 Literatuuronderzoek	9
2 Stakeholder input	9
3 Bundelen en rangschikken	10
Voorbeeld uit de roadmap	11
Geïdentificeerde kennis- en innovatievragen	12
1 Hoe kunnen MCEH's gedefinieerd, gecategoriseerd en geïdentificeerd worden?	13
1.1 Definitie en categorisering	13
1.2 Identificatie	14
1.3 Roadmap	15
2 Hoe kunnen MCEH's bijdragen aan een goed energiesysteem?	16
2.1 Prestatie-indicatoren	16
2.2 Plannen en prioriteren	17
2.3 Integratie van markt en infrastructuur	18
2.4 Roadmap	19
3 Hoe kunnen MCEH's goed ingericht worden?	21
3.1 Ontwerp	21
3.2 Koppelkansen	22
3.3 Roadmap	24
4 Hoe kunnen MCEH's georganiseerd worden?	25
4.1 Juridisch	25
4.2 Financiering	26
4.3 Samenwerking	27
4.4 Eigenaarschap	28
4.5 Roadmap	29
5 Hoe kunnen MCEH's goed aangestuurd worden?	31
5.1 Operatie	31
5.2 Data	32
5.3 Roadmap	33
6 Hoe kunnen MCEH's effectief en tijdig gerealiseerd en opgeschaald worden?	34
6.1 Realisatie en opschaling	34
6.2 Toepassen van lessen	35
6.3 Standaardisering	36
6.4 Roadmap	37
Bijlage: uitgebreide methodologie	38

Inleiding

Een Energy Hub is een slim gestuurd, decentraal energiesysteem waarbij de duurzame energieopwekking en het energiegebruik binnen een bepaald gebied zoveel mogelijk op elkaar worden afgestemd¹. De afgelopen jaren is veel onderzoek gedaan naar Energy Hubs, zijn de eerste (proef)projecten geïnitieerd en zijn er in het wetgevend kader aanpassingen gemaakt om bepaalde samenwerkingsvormen tussen partijen op eenzelfde terrein mogelijk te maken.

Het valt op dat de huidige focus in de realisatie van Energy Hubs met name ligt bij het uitwisselen en opslaan van elektriciteit en het elektriciteitsverbruik van deelnemers op elkaar afstemmen, om op korte termijn netcongestieproblematiek te adresseren. Op de lange termijn kan de integratie van diverse energiedragers in Energy Hubs, zogenaamde Multi-Commodity Energy Hubs (MCEHs), ook kansen bieden op het gebied van duurzaamheid, betaalbaarheid, betrouwbaarheid en efficiëntie van zowel de lokale energievoorziening als het gehele energiesysteem.

Doordat er momenteel nog aanzienlijk minder gewerkt wordt aan MCEH's dan aan elektrische Energy Hubs, zijn er nog veel vraagstukken rondom de definitie, toegevoegde waarde, inrichting, organisatie, aansturing en realisatie. Door die vragen te identificeren kunnen ze geadresseerd worden in onderzoeken, programma's en proefprojecten – om zo bij te dragen aan een efficiënte uitrol van MCEH's die bijdraagt aan zowel het lokale als nationale energiesysteem.

Topsector Energie (TSE) Programma Systeemintegratie (MMIP13), heeft het voornemen om onderzoek en innovatie op het gebied van MCEH's in de programmering vanaf 2025 op te nemen. In dit rapport worden openstaande kennis- en innovatievragen verzameld, gecategoriseerd en in de tijd geplaatst, als input voor de programmering voor MMIP13.

Daarnaast kunnen de inzichten uit dit rapport ook door andere partijen worden gebruikt bij het maken van programmeringen of het uitzetten van onderzoeken. Onder andere door het Ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) bij het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE), TSE Digitalisering, en de andere programmalijnen van TKI Urban Energy.

Scope van het onderzoek

Het doel is om op basis van literatuuronderzoek en interviews met stakeholders de meest urgente en impactvolle kennis- en innovatievragen op het gebied van MCEH's in kaart te brengen. Het beantwoorden van de geïdentificeerde kennis- en innovatievragen moet eraan bijdragen dat het potentieel van MCEH's in Nederland tot wasdom kan komen. De onderzoeksvragen zijn:

- Wat zijn de kennis- en innovatievragen?
- Wat is er nodig om deze vragen te beantwoorden? In tijd en type project.
- Welke prioritering kan er aangebracht worden in de benodigde onderzoeksprojecten?

¹ Royal HaskoningDHV, 2024. De Families van Energy Hubs in Nederland. [Link](#).

Daarbij worden de geïdentificeerde kennis- en innovatievragen in zes hoofdvragen gecategoriseerd:
Hoe kunnen Multi-Commodity Energy Hubs:

1. gedefinieerd, gecategoriseerd en geïdentificeerd worden?
2. bijdragen aan een goed energiesysteem?
3. ingericht worden?
4. georganiseerd worden?
5. aangestuurd worden?
6. effectief en tijdig gerealiseerd en opgeschaald worden?

De inhoudelijke focus ligt op de gebouwde omgeving en bedrijventerreinen (inclusief cluster 6) omdat wordt verwacht dat vanwege de integratie van warmte daar kansen liggen voor MCEH's. Veel van de geïdentificeerde vragen zullen echter wel sector-overstijgend zijn, waardoor ze ook relevant zijn voor Energy Hubs die buiten deze categorieën vallen, bijvoorbeeld gericht op mobiliteit langs de snelweg, gericht op landbouwgebieden, of Energy Hubs die gerealiseerd worden op zee. Vragen specifiek voor deze hubs zouden nader onderzocht kunnen worden.

Methode

Om kennis- en innovatievragen te inventariseren, prioriteren, analyseren en vast te leggen in een roadmap, zijn drie fases doorlopen: **literatuuronderzoek** om vragen te identificeren, **stakeholder input** om de vragen aan te scherpen, aan te vullen en te beoordelen, en het **bundelen en rangschikken** van de vragen om de definitieve selectie weer te geven in de roadmap. Deze methode wordt nader toegelicht in de tekst hieronder, en uitgebreider toegelicht in de bijlage.

1 Literatuuronderzoek

Een uitgebreide analyse van recente nationale rapporten en internationale wetenschappelijke artikelen werd uitgevoerd. Binnen de wetenschappelijke artikelen is gekozen voor review-artikelen, omdat deze een groot aantal artikelen samenvatten en vaak openstaande kennishiaten en aanbevelingen bevatten. Naast termen zoals 'Energy Hubs' werd ook naar sterk gerelateerde termen gezocht (bijvoorbeeld *multi-carrier energy systems*, of *positive energy districts*) om relevante inzichten te verzamelen. Dit onderzoek resulteerde in een longlist van meer dan 200 kennis- en innovatievragen, die is teruggebracht tot een geconsolideerde lijst van 60 vragen.

2 Stakeholder input

Om de op basis van het literatuuronderzoek verzamelde kennis- en innovatievragen aan te vullen, aan te scherpen en te evalueren, werd input verzameld via groepsinterviews. Daarnaast is een online survey gedeeld tijdens de Energy Talks 2024 en het Smart Energy Hubs Conference, waar stakeholders aanvullende vragen konden aandragen.

Groepsinterviews

Er zijn acht online groepsinterviews van een uur georganiseerd, gericht op de gebouwde omgeving en bedrijventerreinen. Elk interview behandelde specifieke thema's, zoals technische en ruimtelijke aspecten, of sociaal-economische en juridische kwesties. Ruim 85 stakeholders werden uitgenodigd, waarvan 21 deelnamen. De deelnemende stakeholders bestonden uit experts van de nationale overheid, provincies, gemeentes, regionale netbeheerders, TenneT, wetenschappers, onderzoeksbureaus, de juridische sector, de bancaire sector, bedrijventerreinen, bedrijven, wetenschappers en zelfstandige experts.

De experts beoordeelden de vragen op 4 criteria, op een schaal van 1 (laag/weinig) tot 3 (hoog/veel):

- **Belangrijk:** hoe belangrijk het is dat deze vraag beantwoord wordt? In de verwerking zijn de reacties op deze vraag vertaald naar een prioritering van de vragen in de roadmap, aangegeven door verwacht impact-niveau.
- **Urgent:** met welke mate van spoed moet deze vraag geadresseerd moeten worden? In de verwerking zijn de reacties op deze vraag vertaald naar het moment op de tijdlijn waarop het onderzoek afgerond moet zijn.

- **Bestaande kennis:** wat is het bestaande kennisniveau op het onderwerp van deze vraag? In de verwerking zijn reacties op deze vraag gebruikt om te verifiëren of de geïdentificeerde vraag in de kennis en innovatie agenda geadresseerd moet worden.
- **Pilot:** is er een pilot nodig om de vraag te beantwoorden? In de verwerking zijn de reacties op deze vraag vertaald naar het combineren van onderzoek met pilots in de roadmap.

Bij elke vraag kregen de experts de mogelijkheid om toelichting op hun evaluatie en andere feedback te geven, en de vragen waar de antwoorden uiteenliepen werden plenair besproken. Daarnaast kregen de experts de mogelijkheid om nog extra vragen toe te voegen.

3 Bundelen en rangschikken

Met de stakeholderinput zijn de definitieve vragen geselecteerd en zijn de vragen gestructureerd in een roadmap die type onderzoek, onderzoeksmethoden, tijdlijnen en verwachte impact specificeert. De roadmap werd gereviewd door een klankbordgroep met experts uit diverse organisaties – waaronder RVO, Topsector Energie en Stedin – waarbij ook de mogelijkheid is geweest om aanpassingen te maken aan classificering. Wanneer dat het geval is wordt het expliciet benoemd.

Type onderzoek

Vragen zijn door Common Futures geclassificeerd als:

- **Acute vragen:** Specifieke problemen met directe toepasbaarheid.
- **Transitieprincipes:** Activiteiten die basisprincipes ten aanzien van het energiesysteem en de energietransitie adresseren vanuit een holistische en/of “greenfield” gedachte.

Voor de acute vragen is ingeschat dat er een onderzoeksproject van twee jaar nodig is, en voor de transitieprincipes vier jaar.

Onderzoeksmethode

Voor de vragen is aangegeven welke onderzoeksmethodes waarschijnlijk nodig zijn om de vraag te kunnen beantwoorden, gebaseerd op de stakeholder beoordeling op ‘pilot’.

1. **Desk research** (niet-empirisch onderzoek).
2. **Leren van bestaande pilots.**
3. **Nieuwe vraag in pilots.**

Voor de vragen waarbij de meerderheid van de geïnterviewden bij de vraag ‘pilot’ aangaf dat er een pilot nodig is, is in de roadmap aangegeven dat er een pilot nodig is. Vervolgens heeft Common Futures beoordeeld of het volstaat om van bestaande pilots te leren, of er nieuwe vragen in pilots uitgezet moeten worden. Voor vragen waar een nieuwe pilot nodig is wordt twee jaar extra onderzoek ingeschat. Voor elke vraag is aangegeven in hoeverre één of alle van bovenstaande categorieën van toepassing zijn (aanneme dat altijd enige vorm van desk research nodig is).

Voorgestelde tijdslijnen

De duur van het onderzoek is gebaseerd op het type onderzoek en de onderzoeksmethode, en het plaatsen van de onderzoek op de tijdlijn is gebaseerd op de beoordeling op urgentie:

1. Urgentie 3: Nu starten.
2. Urgentie 2,5: Afronden binnen 5 jaar.
3. Urgentie ≤ 2 : Afronden binnen 8 jaar.

Impact

Het criterium voor impact kan gebruikt worden om met de beperkte middelen nog een (verdere) selectie te maken op de onderzoeksagenda. Gebaseerd op de beoordeling op belangrijk:

1. Impact 3: Zeer hoge impact; Donkergroen
2. Impact 2,5: Hoge impact; Groen
3. Impact ≤ 2 : Neutraal; Lichtgroen

Voorbeeld uit de roadmap

Een voorbeeldvraag uit de roadmap: “Wat zijn de kansen en knelpunten in de financiering van Multi Commodity Energy Hubs (MCEH's)?”. Die als volgt is beoordeeld:

- **Type onderzoek:** als acute vraag geclassificeerd door Common Futures, omdat het over direct toepasbare lessen gaat. Dus twee jaar onderzoek.
- **Pilot:** Meerderheid gaf aan dat een pilot nodig is. Common Futures schat in dat “Leren van bestaande pilots” volstaat. Dus geen twee jaar extra onderzoek.
- **Urgentie:** 2,5; onderzoek binnen 5 jaar afronden.
- **Impacts/belangrijk:** 2,7; afgerond een 2.5, dus ‘hoge impact’ (groen).

Tabel 1 – Voorbeeld opstellen roadmap op basis van impact, urgentie, type onderzoek en onderzoeksmethode

Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs georganiseerd worden?		Type Onderzoek*			Tijdlijn (jaren)							
		DR	BP	NP	1	2	3	4	5	6	7	8
Financiering												
4.2a	Wat zijn de kansen en knelpunten in de financiering van MCEH's en hoe kunnen ze worden geadresseerd?											

*Methode: DR - Desk research, BP - Bestaande Pilots, NP - Nieuwe Pilots;

Type: ● Acute vraag, ● Transitieprincipe, ● Beide;

Tijdlijn - Impact: ■ gemiddeld, ■ hoog, ■ zeer hoog

Geïdentificeerde kennis- en innovatievragen

Gebaseerd op literatuuronderzoek, interviews en vragenlijsten zijn meer dan 200 kennis- en innovatievragen geïdentificeerd. Common Futures heeft die gebundeld en gesorteerd tot 60 vragen, die vallen onder de zes hoofdvragen, en ze daarbinnen gesorteerd in zestien thema's. Zie tabel 2 voor het overzicht van de hoofdvragen en de geïdentificeerde thema's.

Tabel 2 – Overzicht van hoofdvragen en onderliggende thema's

Hoe kan een multi-commodity energy hub ...					
1. ... gedefinieerd, gecategoriseerd en geïdentificeerd worden	2. ... bijdragen aan een goed energiesysteem	3. ... ingericht worden	4. ... georganiseerd worden	5. ... aangestuurd worden	6. ... effectief en tijdig gerealiseerd en opgeschaald worden
Definitie en categorisering	Prestatie-indicatoren	Ontwerp	Juridisch	Operatie	Realisatie en opschaling
Identificatie	Plannen en prioriteren	Koppelkansen	Financiering	Data	Toepassen van lessen
	Integratie van markt en infrastructuur		Samenwerking		Standaardisering
			Eigenaarschap		

In dit hoofdstuk worden – per thema – de vragen uiteengezet en toegelicht op de volgende punten:

1. **Scope:** Wat wordt er onderzocht, welke aspecten zijn relevant, welke niet, en wat zijn de doelen en beperkingen.
2. **Perspectief:** Moeten de vragen vanuit het perspectief van alle MCEH's benaderd worden, of focussen op specifieke categorieën, en moeten ze benaderd worden vanuit een (energie)systeemperspectief of vanuit de MCEH (top-down of bottom-up).
3. **Uitkomst:** Waar dient het beantwoorden van de vragen toe te leiden.

Bij het identificeren van de vragen is gebleken dat de meeste vragen van toepassing zijn op zowel bedrijventerreinen als de gebouwde omgeving. Wanneer de vraag enkel van toepassing is op een specifiek type hub zal dat worden genoemd. Wanneer vragen voor meerdere archetypes van toepassing zijn, kan het zijn dat een vraag meerdere onderzoeken nodig heeft.

In de interviews kwam naar voren dat het perspectief van de individuele Hub niet vergeten mag worden door in de onderzoeken te veel te focussen op algemeenheden. Het is belangrijk om startpunten, richtlijnen en *best practices* te identificeren, maar voor de realisatie van Hubs zal altijd nog maatwerk nodig zijn.

1 Hoe kunnen MCEH's gedefinieerd, gecategoriseerd en geïdentificeerd worden?

De term MCEH is nog niet verankerd in het Nederlandse energiedebat. Een duidelijke afbakening van het begrip is nodig om een coherent onderzoeksprogramma op te zetten, en maakt het mogelijk om kansrijke locaties te identificeren, en casussen voor proefprojecten te selecteren.

De vragen onder deze hoofdvraag vallen uiteen in twee thema's: **(1) definitie en categorisering, en (2) identificatie.**

1.1 Definitie en categorisering

Het beantwoorden van deze vragen moet helpen om een duidelijke afbakening van de definitie MCEH te krijgen, en definities van sub-categorieën (archetypes) die vaak voorkomen.

Dit is noodzakelijk om een consistente kennisbibliotheek te ontwikkelen, met als hoofddoel efficiënte kennisuitwisseling. Daarvoor is het ook wenselijk om te weten hoe de verschillende categorieën zich verhouden tot concepten waar al kennis voor wordt ontwikkeld, zoals positieve energiedistricten in woonwijken, of vijfde-generatie warmtenetten.

Daarnaast kan een goede definitie (met kennisbibliotheek) ook bijdragen aan het identificeren van kennisleemtes, voornamelijk in proefprojecten, en bij het opstellen van gerichte uitvragen voor onderzoek of van subsidievoorwaarden.

Juist omdat deze vragen het fundament vormen voor de rest van de onderzoeksagenda is het wenselijk om ze met hoge urgentie te adresseren. In welke mate van detail archetypes ontwikkeld kunnen of moeten worden zal moeten blijken tijdens pilots. In eerste instantie is het dus wenselijk om de hoofd-archetypes te identificeren en te karakteriseren.

Het eerste onderzoek zal gebaseerd zijn op stakeholder-input. Verder definiëren van archetypes zal iteratief moeten gebeuren tijdens de onderzoeksagenda, met input uit andere studies.

Perspectief: Deze vragen zijn nu relevant voor ieder type MCEH. Ze worden geanalyseerd vanuit het energiesysteem. Het kan wel blijken dat er archetypes zijn die meer detaillering nodig hebben.

Uitkomst: Het beantwoorden van deze vragen zorgt voor een duidelijke scope van de onderzoeksagenda en biedt handvatten om proefprojecten te identificeren.

Geïdentificeerde vragen:

a) Hoe wordt een MCEH gedefinieerd?

En kan een MCEH bestaan uit verschillende afbakeningen of schaalniveaus per drager (bijvoorbeeld stadsdeelstroom en warmte-uitwisseling/opslag op straatniveau)?

b) Welke categorieën of archetypen van MCEH's kunnen worden gedefinieerd?

En hoe verhouden die zich tot andere concepten zoals positieve energiedistricten, *multi-energy-systems* en *smart energy hubs*?

1.2 Identificatie

In het recente rapport ‘De Families van Energy Hubs in Nederland’¹ zijn al 1.183 mogelijke locaties voor Energy Hubs geïdentificeerd. Er is echter nog veel onbekend over de (energetische) kansen die MCEH’s kunnen bieden, en hoe groot de totale potentie van deze hubs zou kunnen zijn. En of die hubs voornamelijk een toevoeging zijn bij *electricity only* Energy Hubs, of dat er veel gebieden kansrijk worden voor energie-afstemming en uitwisseling juist dóór de integratie van meerdere energiedragers. Er is onderzoek nodig om de potentie en locaties te identificeren.

Bij de identificatie is het wenselijk om niet alleen te focussen op de energetische toevoeging die een MCEH kan brengen, maar ook op de geschiktheid van een locatie. Bijvoorbeeld ruimtelijk, of de aanwezigheid van bestaande samenwerkingsvormen. Zo kunnen op een integrale manier kansrijke gebieden geïdentificeerd worden – en wat veelbelovende locaties en archetypes zijn, om in eerste onderzoek - en proefprojecten daar op te kunnen focussen.

Waarschijnlijk zal hier een vorm van modellering voor ontwikkeld moeten worden, waar de inputs worden bepaald aan de hand van stakeholder input. Bij de identificatie is het onvermijdelijk om de fysieke inrichting van de hub mee te nemen. Daarom zijn deze vragen sterk verbonden aan de vragen in sectie 3, over de inrichting van de MCEH.

Perspectief: Deze vragen zijn relevant voor elk archetype hub, al kan er gekozen worden om juist te focussen op één of meer archetypes, om die snel van de grond te krijgen.

Uitkomst: Ontwikkeling en toepassing van een methode voor het identificeren van MCEH’s helpt dus om het belang te beschrijven van de ontwikkeling van MCEH’s, en aan te geven waar de grootste kansen liggen om zo ook prioriteit in de ontwikkeling aan te brengen.

Geïdentificeerde vragen:

- a) Welke gegevens zijn nodig om veelbelovende gebieden voor MCEH’s te identificeren?
Dit betreft het geografisch gebied waar een MCEH gerealiseerd zou worden. Hoe kan worden bepaald welke schaal en welke energiedragers en welke capaciteit voor energie-uitwisseling wenselijk danwel kansrijk zou zijn? Deze gegevens kunnen ook kwalitatief van aard zijn, zoals bijvoorbeeld typen bedrijven die vaak symbiotisch zijn in hun energiebehoeftes. Welke andere kenmerken maken een locatie, naast de energievraag en -opwekkingsprofielen van gebruikers, geschikt of ongeschikt voor een MCEH? Bijvoorbeeld welke initiatieven er al in het gebied plaatsvinden waar de MCEH op zou kunnen voortbouwen, zoals het klimaatadaptief maken van het gebied.
- b) Hoe kan vanuit een gebiedsperspectief bepaald worden wat de potentie en bottlenecks zijn en wat er gedaan moet worden om daar een MCEH te realiseren?
Zowel welke gebiedskarakteristieken die nodig zijn, als een methode om de MCEH te ontwerpen. Deze vraag heeft een grote koppeling met de vragen in sectie 3.1 over ontwerp.
- c) Hoe kunnen door een systematische aanpak veelbelovende gebieden voor MCEH’s in Nederland geïdentificeerd worden en gekoppeld aan archetypen van MCEH’s en energiedragers?

1.3 Roadmap

In Tabel 3 worden de geïdentificeerde vragen gepresenteerd in de roadmap. Daarin wordt voor elke vraag aangegeven wat de voorgestelde onderzoeksmethodes zijn, wat voor type onderzoek er nodig is, wat de verwachte impact is van het beantwoorden van de vraag, en wordt het beoogde onderzoek op een tijdlijn geplaatst.

Tabel 3 – Roadmap Hoofdvraag 1

Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs gedefinieerd, gecategoriseerd en geïdentificeerd worden?		Type Onderzoek			Tijdlijn (jaren)							
		DR	BP	NP	1	2	3	4	5	6	7	8
Definitie en categorisering												
1.1a	Hoe wordt een MCEH gedefinieerd?	●										
1.1b	Welke categorieën of archetypen van MCEH's kunnen worden gedefinieerd?	●										
Identificatie												
1.2a	Welke gegevens zijn nodig om veelbelovende gebieden voor MCEH's te identificeren?	●										
1.2b	Hoe kan vanuit een gebiedsperspectief bepaald worden wat de potentie en bottlenecks zijn en wat er gedaan moet worden om daar een MCEH te realiseren?	●	●	●								
1.2c	Hoe kunnen door een systematische aanpak veelbelovende gebieden voor MCEH's in Nederland geïdentificeerd worden en gekoppeld aan archetypen van MCEH's en energiedragers	●										

*Methode: DR - Desk research, BP - Bestaande Pilots, NP - Nieuwe Pilots;

Type: ● Acute vraag, ● Transitieprincipe, ● Beide;

Tijdlijn - Impact: ■ gemiddeld, ■ hoog, ■ zeer hoog

Het plaatsen van de onderzoeken op de tijdlijn is gebaseerd op de urgentie, zoals aangegeven door experts tijdens de groepsinterviews. Voor vraag 1.2a is afgeweken van de methodologie: die vraag was in de groepsinterviews beoordeeld met een 2,2, wat zou betekenen dat de vraag na acht jaar afgerond zou moeten worden. Er is echter een volgordelijkheid voor het beantwoorden van de vragen: 1.2b en 1.2c kunnen pas worden geadresseerd als 1.2a is afgerond – waarvoor het onderzoek daarom start in jaar 3.

2 Hoe kunnen MCEH's bijdragen aan een goed energiesysteem?

De huidige ontwikkeling van Energy Hubs richt zich veelal op het adresseren van de netcongestie die nu speelt. MCEH's hebben echter de potentie om bij te dragen aan andere aspecten die ook van belang zijn in de energietransitie door het lokale energiesysteem verder te decentraliseren. Dat kan bijvoorbeeld resulteren in verhoogde energie-efficiëntie of het beter gebruiken van restwarmte. De rol die MCEH's in het toekomstige energiesysteem vervullen, hoe ze zich tot het energiesysteem verhouden, en de toegevoegde waarde die ze zowel lokaal als voor het energiesysteem kunnen bieden, moet nader ingevuld worden.

Vragen onder deze hoofdvraag vallen uiteen in drie thema's : **(1) prestatie-indicatoren, (2) plannen en (3) prioriteren.**

Deze vragen zijn niet exclusief voor bepaalde archetypes Energy Hubs, omdat er in deze vragen juist gezocht wordt naar een universeel afwegingskader en een manier om verschillende hubs integraal te plannen. Wel kan het zijn dat prestatie-indicatoren en afwegingskaders voor verschillende typen hubs dermate verschillen dat het wenselijk is om de geïdentificeerde vragen te beantwoorden voor verschillende archetypes.

2.1 Prestatie-indicatoren

Deze vragen gaan over het kunnen beschrijven van de toegevoegde waarde van MCEH's. Dat kan zowel kwalitatief als kwantitatief.

Perspectief: Deze vragen kunnen zowel geadresseerd worden vanuit het perspectief van de Hub als vanuit het grotere (energie)systeem. De vragen richten zich op de toegevoegde waarde van zowel individuele Hubs als een collectie Hubs.

Uitkomst: De vragen zijn noodzakelijk om Hubs te kunnen plannen en prioriteren. Ook kunnen de prestatie-indicatoren gebruikt worden om proefprojecten effectief te kunnen meten en vergelijken, en om voorwaarden voor proefprojecten of subsidies te beschrijven. De vragen zijn daarom nauw verwant met de vragen uit *1.2 Identificatie* en uit *2.2 Plannen en prioriteren*.

Geïdentificeerde vragen:

- a) Hoe moet de toegevoegde waarde van een MCEH worden gekarakteriseerd?
Welke prestatie-indicatoren zijn er voor het lokale en nationale energiesysteem en voor verschillende belanghebbenden? Onder andere economisch, energetisch, ruimtelijk bovengronds en ondergronds, sociaal, en voor robuustheid en leveringszekerheid, en de bijdrage aan het versnellen van de energietransitie.
- b) Wat is de potentie van MCEH's op de prestatie-indicatoren?
Hoe dragen bijvoorbeeld het lokaal delen van energie en de verschillende vormen van opslag bij aan het functioneren van zowel een lokaal als het landelijke energiesysteem? En hoe beïnvloedt de integratie van MCEH's de robuustheid, energie-efficiëntie en kosten van het energiesysteem?

2.2 Plannen en prioriteren

Het plannen en prioriteren van MCEH's gebeurt idealiter met een integraal afwegingskader (gebaseerd op de prestatie-indicatoren). Dat betekent dat er rekening wordt gehouden met een aantal andere ontwikkelingen die zich voordoen (zoals geïdentificeerde congestie), en mogelijk dat ontwikkelingen op elkaar worden afgestemd (zoals uitbreiding/vervanging van infrastructuur). Ook gebeurt het plannen van MCEH's niet in afzondering van *electricity-only* Energy Hubs. Het meenemen van de MC component geeft in de planning een genuanceerder afwegingskader, en zorgt daarom voor een verbeterde uitrol.

Onderstaande vragen gaan over de methodes om die integrale planning te kunnen maken, en zo ook de uitrol van verschillende kansen te kunnen prioriteren. Deze vragen zijn een logisch vervolg op de vragen rondom Identificatie en Prestatie-indicatoren.

De vragen moeten resulteren in een goed onderbouwd afwegingskader om te besluiten wat voor soort ontwikkelingen op wat voor locaties gestimuleerd kunnen worden, een ordening aan te brengen in geïdentificeerde of aangedragen projecten, of te bepalen hoe verschillende ontwikkelingen op elkaar afgestemd kunnen worden.

Perspectief: Deze vragen zijn beredeneerd vanuit het systeemperspectief, relevant voor alle typen MCEH's.

Uitkomst: Deze vragen vormen de grondslag voor de selectie van (proef)projecten door bijvoorbeeld het Rijk, provincies of gemeentes, en kan helpen in het selecteren van de meest urgente MCEH's voor de TSE kennis- en innovatieagenda.

Geïdentificeerde vragen:

- a) Hoe te bepalen welke Energy Hubs vanuit het maatschappelijk belang prioriteit moeten hebben?

Op welke energy hubs moeten we onze schaarse uitvoeringscapaciteit inzetten? De gebieden die het meest kansrijk zijn, zijn wellicht niet de gebieden waar de maatschappelijk te behalen winst het grootst is (bijv. door het tegengaan van energiearmoede). Enerzijds moet deze vraag gebruikt worden om kansrijke pilots te selecteren. Anderzijds om na het uitvoeren van pilots een energiesysteem-breed plan te maken voor de uitrol van MCEH's.

- b) Hoe kan het maatschappelijk belang van Energy Hubs vertaald worden naar lokale doelstellingen voor specifieke MCEH's? Hoe kan een landelijk afwegingskader worden toegepast om lokale initiatieven te beoordelen?

Wat is de minimale en/of gewenste bijdrage van een specifieke MCEH op het regionale en nationale energiesysteem? Wanneer presteert een MCEH goed genoeg om er middelen voor vrij te maken?

- c) Hoe kunnen en moeten MCEH's meegenomen worden in lange termijn infrastructuurplanning?

Dit betreft zowel planning van lokale infrastructuur (door bijvoorbeeld projecten of werkzaamheden te combineren) als nationale infrastructuur (door noodzaak voor netuitbreiding te verminderen/vermijden)

2.3 Integratie van markt en infrastructuur

De toegevoegde waarde van MCEH's kan zowel liggen op het vlak van het lokale als van het nationale energiesysteem. In deze onderzoeksvragen wordt verkend welke mate van integratie met het nationale energiesysteem wenselijk is, zowel fysiek (infrastructuur) als wat betreft markt.

Zo kan wanneer een hub zeer gedecentraliseerd is, met een beperkte koppeling met het bovenliggende energiesysteem, slechts beperkt flexibiliteit worden ontsloten ten behoeve van het bovenliggende energiesysteem. Echter, zal de hub door deze beperktere koppeling ook voor een lagere druk op het systeem zorgen door minder mogelijkheid tot invoeding of afname tijdens drukke momenten op het net. Het gaat enerzijds om de mate van koppeling die wenselijk is, en anderzijds om hoe energiemarkten ingericht kunnen worden om deze koppeling zo optimaal mogelijk te benutten voor zowel het lokale als het totale energiesysteem. Met ook nog ruimtelijke, economische, en leveringszekerheids-aspecten resulteert dit in complexe vraagstukken. Daarbij is het van belang om te bepalen op welke gebieden de MCEH het nationale energiesysteem zou moeten versterken – en wat bereikt zou moeten worden voor de gebruikers, zoals geadresseerd in de vragen van 2.2.

Perspectief: Voor deze vragen is een gestandaardiseerde methodologie wenselijk, die toegepast kan worden per archetype of hub; archetypes kunnen verschillen in behoeftes hebben en bijdragen aan het energiesysteem. Wel zouden in één onderzoek mogelijk meerdere archetypes onderzocht kunnen worden, gebruikmakend van een uniforme methode.

Relevantie: Het beantwoorden van deze vragen geeft lokale stakeholders een methode om het kader voor de inrichting en aansturing van toekomstige Hubs snel in kaart te brengen. Ook geeft het netbeheerders grip op de impact van MCEH's op hun netten, en helpt het daarbij in het maken van meerjarenplanningen.

Geïdentificeerde vragen:

- a) Welke mate van decentralisatie en centralisatie is wenselijk in het toekomstige energiesysteem?
Welke mate van zelfvoorzienendheid (ofwel decentralisatie) is wenselijk binnen een MCEH? En wanneer dit vanuit het bovenliggende energiesysteem wordt bekeken, welke mate van decentralisatie en welke mate van interconnectie met het energiesysteem is wenselijk? Denk hierbij bijvoorbeeld aan het gedachtegoed van holonen in een holarchie (zie Holon onderzoek), die gedefinieerd zijn als 'een energiegemeenschap die bereid is rekening te houden met het grotere energiesysteem'.
- b) Wat zijn de risico's en voordelen van een gedecentraliseerd energiesysteem?
Hoe evalueer je de veerkracht en robuustheid van een MC-benadering van Energy Hubs?
- c) Hoe kunnen investeringen in MCEH's worden geoptimaliseerd en hoe verhouden lokaal, regionaal en landelijk optimale investeringen zich tot elkaar?
Hoe kan de integrale optimalisatie van investeringen in opwek/opslag/flexibiliteit/interconnectoren/T&D-infrastructuur en vraagreductie worden geadresseerd?

d) Hoe kunnen MCEH's worden geïntegreerd met nationale energiemarkten op een manier die het nationale energiesysteem ondersteunt?

Kan dit bijvoorbeeld met alternatieve contractvormen zoals een afstandstarief? Welke barrières moeten worden overwonnen? Hierbij speelt ook mee of een MCEH een rol kan innemen die bijdraagt aan de flexibiliteit van het energiesysteem, zoals een balansverantwoordelijke partij (BRP) of een balancing service provider (BSP). Zie hiervoor ook de vragen in sectie 4.1, juridisch.

2.4 Roadmap

In Tabel 4 worden de geïdentificeerde vragen gepresenteerd in de roadmap. Daar wordt voor elke vraag aangegeven wat de voorgestelde onderzoeksmethodes zijn, wat voor type onderzoek er nodig is, wat de verwachte impact is van het beantwoorden van de vraag, en wordt het beoogde onderzoek op een tijdlijn geplaatst.

Tabel 4 – Roadmap Hoofdvraag 2

Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs bijdragen aan een goed energiesysteem?		Type Onderzoek			Tijdlijn (jaren)							
		DR	BP	NP	1	2	3	4	5	6	7	8
Prestatie indicatoren												
2.1a	Hoe moet de toegevoegde waarde van een MCEH worden gekarakteriseerd?	•	•									
2.1b	Wat is de potentie van MC Energy Hubs op de prestatie-indicatoren?	•	•									
Plannen en prioriteren												
2.2a	Hoe te bepalen welke Energy Hubs vanuit het maatschappelijk belang prioriteit moeten hebben?	•	•									
2.2b	Hoe kan het maatschappelijk belang van Energy Hubs vertaald worden naar lokale doelstellingen voor specifieke MCEH's? Hoe kan een landelijk afwegingskader worden toegepast om lokale initiatieven te beoordelen?	•										
2.2c	Hoe kunnen en moeten MCEH's meegenomen worden in lange termijn infrastructuur planning?	•										
Integratie van markt en infrastructuur												
2.3a	Welke mate van decentralisatie en centralisatie is wenselijk in het toekomstige energiesysteem?	•	•									
2.3b	Wat zijn de risico's en voordelen van een gedecentraliseerd energiesysteem?	•	•	•								
2.3c	Hoe kunnen investeringen in MCEH's worden geoptimaliseerd en hoe verhouden lokaal, regionaal en landelijk optimale investeringen zich tot elkaar?	•										
2.3d	Hoe kunnen MCEH's worden geïntegreerd met nationale energiemarkten op een manier die het nationale energiesysteem ondersteunt?	•	•	•								

*Methode: DR - Desk research, BP - Bestaande Pilots, NP - Nieuwe Pilots;

Type: • Acute vraag, • Transitieprincipe, • Beide;

Tijdlijn - Impact: ■ gemiddeld, ■ hoog, ■ zeer hoog

Het plaatsen van de onderzoeken op de tijdlijn is gebaseerd op de urgentie, zoals aangegeven door experts tijdens de groepsinterviews. Voor vraag 2.1a is afgeweken van de methodologie: die vraag

was in de groepsinterviews beoordeeld met een 2,2, wat zou betekenen dat de vraag na acht jaar afgerond zou moeten worden. Echter zijn de antwoorden op deze vraag van belang om andere vragen goed te kunnen adresseren. Daarom start de vraag al in jaar 2.

3 Hoe kunnen MCEH's goed ingericht worden?

Dit gaat om de fysieke en digitale componenten die een MCEH moet of kan hebben om goed en veilig te kunnen functioneren. Welke bouwstenen zijn beschikbaar, wat kan er gestandaardiseerd worden, wat voor methodes moeten gebruikt worden om een ontwerp te maken, en waarmee dient rekening gehouden te worden in een ontwerp? Veel van de geïdentificeerde vragen hebben een sterke technische dimensie. Het is echter belangrijk om ook het perspectief van betrokken stakeholders centraal te stellen, zodat de gemaakte keuzes voor inrichting aansluiten bij hun behoeftes.

De vragen onder deze hoofdvraag vallen uiteen in twee thema's: **(1) ontwerp en (2) koppelkansen**.

3.1 Ontwerp

Het ontwerp gaat over de totstandkoming van de fysieke en digitale lay-out van de hub: wat is er mogelijk, wat kan er gestandaardiseerd worden, hoe kunnen capaciteiten bepaald worden? Dit zijn complexe en uitgebreide vraagstukken die spelen bij de ontwikkeling van elke hub. Het beantwoorden ervan vergt een grote mate van praktijkervaring (bijvoorbeeld uit pilots). Het zijn dus vraagstukken die niet voor MCEH's in het algemeen aangepakt moeten worden, maar veelal per archetype. Voor veelbelovende archetypes is de urgentie hoog om deze vragen te adresseren, omdat het helpt om de beginfase van een MCEH te versnellen.

Voor het overzicht zijn de geïdentificeerde vragen die onder het thema ontwerp vallen verder gecategoriseerd in thema's bouwstenen, (ontwerp)proces en non-energetische overwegingen.

Perspectief: Deze vragen moeten per archetype worden onderzocht.

Uitkomst: De vragen helpen bij het creëren van een startpunt voor het fysieke ontwerp van de Hub, zodat er snel plannen gemaakt kunnen worden. Zo kan het ontwerp starten met een blauwdruk, en kan daarop voortgebouwd worden met een set vooraf geïdentificeerde ontwerpkeuzes met daarbij een duidelijk afwegingskader.

Geïdentificeerde thema's en vragen:

Ontwerp: bouwstenen

- a) Hoe definieer en karakteriseer je de beschikbare bouwstenen waaruit MCEH's bestaan?
Denk daarbij niet alleen aan assets voor opwek/opslag/conversie/distributie, maar ook aan de participanten als bouwstenen die gekarakteriseerd kunnen worden. In interviews kwam naar voren dat energie-uitwisseling en afstemming ook kan met heel weinig extra technologieën, zeker op bedrijventerreinen. Vaak is dat wenselijk, omdat het maken van extra investeringen af kan leiden van het hoofddoel. Bij het beantwoorden van deze vraag kan dus ook gezocht worden naar laag-technologische oplossingen.

Ontwerp: proces

- b) Voor de inrichting van de Hub: wat kan worden gestandaardiseerd en wat blijft maatwerk?
Kunnen wenselijke configuraties van bouwstenen worden ontwikkeld als een blauwdruk voor elk archetype MCEH? En hoe kun je vanuit die situatie komen tot een goed ontwerp van de MCEH? Voor de bestaande woningvoorraad is er bijvoorbeeld de vraag wat er geïnstalleerd

moet worden bij bestaande woningen, en bestaande gebouwen, om een MCEH mogelijk te maken; fysiek en qua ICT. Op de roadmap is deze vraag ingevuld in twee delen: 1) Een acute vraag die antwoord moet geven op welke mate van standaardisering vanaf het begin noodzakelijk is om problemen in de toekomst te voorkomen; 2) Een transitieprincipe vraag die op basis van de vele lopende en beoogde onderzoeken opgedane inzichten en best practices kan borgen in standaardisering.

- c) Welke kritische onzekerheden en risico's bestaan er bij het ontwerpen van een MCEH op basis van de lokale en nationale KPI's en hoe houd je daar rekening mee?

Denk hierbij ook aan de toetreden van nieuwe partijen, of het uittreden van bestaande partijen.

- d) Aan welke ontwerptools is behoefte voor verschillende archetypes?
En welke ontwerpprincipes kunnen en moeten daarin meegenomen worden? Welke afwegingen zijn van belang bij het bepalen van de fysieke componenten en hun gewenste capaciteiten - denk aan batterijopslag, warmteopslag of conversie-technologieën.

Ontwerp: non-energetische overwegingen

- e) Hoe kunnen bij de ontwikkeling van een MCEH de belangen van de diverse betrokken stakeholders integraal meegenomen worden in ontwerpkeuzes?

Denk daarbij aan grootverbruikers, kleinverbruikers, netbeheerder, producenten, etc. Meer vragen over de identificatie en rollen van verschillende stakeholders komen naar voren in vraag 4.3a, over de samenwerking in MCEH's.

- f) Hoe kunnen non-energetische stromen ook slim worden meegenomen in MCEH's, en bijdragen aan een meer veerkrachtige infrastructuur?

Zoals water of CO₂.

- g) Hoe houd je rekening met de lokale ruimtelijke impact en veiligheidsimplicaties in het ontwerp van een MCEH? (energieplanologie)

3.2 Koppelkansen

De ontwikkeling van een MCEH is nooit vanuit een volledige *greenfield*-situatie. Bij de vragen rondom koppelkansen gaat het erom wat de kansen zijn van de bestaande situatie en plannen, en of de ontwikkeling van een MCEH ook weer kansen voor andere ontwikkelingen biedt. Hierbij wordt ook gekeken naar de aanwezigheid van nabijgelegen energiesystemen en hoe die gekoppeld (of op elkaar afgestemd) kunnen worden. Daarbij is het belangrijk om te weten wat waardevolle koppelkansen zijn, om deze gericht op te kunnen zoeken, en ze mogelijk zelfs mee te nemen in de selectie van kansrijke MCEH's.

Perspectief: Deze vragen worden geadresseerd per archetype

Uitkomst: De vragen moeten helpen om vanuit een archetype én een bepaald startpunt snel te kunnen identificeren hoe het beste omgegaan kan worden met de bestaande situatie.

Geïdentificeerde vragen:

- a) Wat zijn koppelkansen voor verschillende archetypes in de omgeving van een MCEH die meegenomen kunnen worden? En wat moet er gebeuren om die te integreren?

Denk aan aanbod biogas/waterstof, restwarmte, RWZI-warmte, maar bijvoorbeeld ook aanwezigheid van 'complementaire' vraag zoals een woonwijk of bedrijventerrein.

- b) Welke koppelkansen zijn er om in het ontwerp van een MCEH ook klimaatadaptatie en biodiversiteit maatregelen mee te nemen?

Een noot is dat het ontwikkelen van een MCEH ook juist een koppelkans kan zijn, bijvoorbeeld in een gebied waar al gewerkt wordt aan klimaatadaptatie. Dit moet onderzocht worden in de vragen van sectie 1.2, over de identificatie van MCEH's.

- c) Hoe kan bij de overgang naar een MCEH een integrale afweging worden gemaakt, waarbij ook lange termijn energiebesparing en het voorkomen van lock-in wordt meegewogen? Dit

gaat om het integraal afwegen van toekomstige scenario's van energiebesparing en energietransitie in de totstandkoming van het huidige ontwerp van de hub. Zo is in de gebouwde omgeving bekend dat de aanleg van een hoge temperatuur warmtenet bijvoorbeeld leiden tot beperktere incentives voor het treffen van energiebesparende maatregelen omdat sprake is van hoge vaste lasten. Een gerelateerd voorbeeld zou kunnen zijn dat een bedrijf dat restwarmte levert aan een dergelijk warmtenet, verminderde stimulans heeft om energiebesparende maatregelen te nemen waardoor de restwarmte af zou nemen. Het voorkomen van lock-in, en het ontwerpen van de hub voor zowel de huidige, als diverse toekomstige scenario's, is daarom van belang.

3.3 Roadmap

In Tabel 5 worden de geïdentificeerde vragen gepresenteerd in de roadmap. Daar wordt voor elke vraag aangegeven wat de voorgestelde onderzoeksmethodes zijn, wat voor type onderzoek er nodig is, wat de verwachte impact is van het beantwoorden van de vraag, en wordt het beoogde onderzoek op een tijdlijn geplaatst.

Tabel 5 – Roadmap Hoofdvraag 3

Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs goed ingericht worden?		Type Onderzoek			Tijdlijn (jaren)							
		DR	BP	NP	1	2	3	4	5	6	7	8
Ontwerp												
3.1a	Hoe definieer en karakteriseer je de beschikbare bouwstenen waaruit MCEH's bestaan?	●	●									
3.1b	Voor de inrichting van de Hub: wat kan worden gestandaardiseerd en wat blijft maatwerk?	●										
3.1c	Welke kritische onzekerheden en risico's bestaan er bij het ontwerpen van een MCEH op basis van de lokale en nationale KPI's en hoe houd je daar rekening mee?	●	●	●								
3.1d	Aan welke ontwerp tools is behoefte voor verschillende archetypes?	●	●	●								
3.1e	Hoe kunnen bij het ontwerp van een MCEH de belangen van de diverse betrokken stakeholders integraal meegenomen worden in ontwerpkeuzes?	●	●	●								
3.1f	Hoe kunnen non-energetische stromen ook slim worden meegenomen in MCEH's, en bijdragen aan een meer veerkrachtige infrastructuur?	●		●								
3.1g	Hoe houd je rekening met de ruimtelijke impact en veiligheidsimplicaties als onderdeel van het ontwerp van een MCEH? (energieplanologie)	●	●	●								
Koppelkansen												
3.2a	Wat zijn koppelkansen voor verschillende archetypes in de omgeving van een MCEH die meegenomen kunnen worden? En wat moet er gebeuren om die te integreren?	●										
3.2b	Welke koppelkansen zijn er om in het ontwerp van een MCEH ook klimaatadaptatie en biodiversiteit maatregelen mee te nemen?	●										
3.2c	Hoe kan bij de overgang naar een MCEH een integrale afweging worden gemaakt, waarbij ook lange termijn energiebesparing en het voorkomen van lock-in wordt meegewogen?	●										

*Methode: DR - Desk research, BP - Bestaande Pilots, NP - Nieuwe Pilots;

Type: ● Acute vraag, ● Transitieprincipe, ● Beide;

Tijdlijn - Impact: ■ gemiddeld, ■ hoog, ■ zeer hoog

Het plaatsen van de onderzoeken op de tijdlijn is gebaseerd op de urgentie, zoals aangegeven door experts tijdens de groepsinterviews. Voor vraag 3.1a is afgeweken van de methodologie: die vraag was in de groepsinterviews beoordeeld met een 2,0, wat zou betekenen dat de vraag na acht jaar afgerond zou moeten worden. Echter zijn de antwoorden op deze vraag van belang om andere vragen goed te kunnen adresseren. Daarom start de vraag al in jaar 2. Voor vraag 3.1b is ook afgeweken van de methodologie, omdat het in overleg met de klankbordgroep urgent werd bevonden om ook op korte termijn te bevragen welke mate van standaardisering noodzakelijk is om lange termijn problemen te voorkomen.

4 Hoe kunnen MCEH's georganiseerd worden?

Deze vragen gaan over alles wat nodig is om de Hub te organiseren. Hoe kunnen de partijen bij elkaar gebracht worden, en hoe kan het financiële en juridische raamwerk van de Hub gerealiseerd worden. De vragen onder deze hoofdvraag kunnen worden samengevat als 'Hoe gaan we samen het doen?' Het beantwoorden van de geïdentificeerde vragen moet er voor zorgen dat daar een concreet startpunt voor ligt, met voorbeelden en mogelijkheden voor aanpassingen. Dit zijn bij uitstek vragen die per archetype beantwoord zouden moeten worden.

Vragen onder deze hoofdvraag vallen uiteen in vier thema's : **(1) juridisch, (2) financiering, (3) samenwerking en (4) eigenaarschap.**

4.1 Juridisch

Met meerdere energiedragers kan het juridische raamwerk voor MCEH's een stuk complexer zijn dan bij *electricity only* energy hubs – waarvoor op het moment van schrijven veel innovatieve (juridische) samenwerkingsvormen worden verkend, zoals de groepstransportovereenkomst (GTO).

De vragen die gaan over de ontwikkeling en standaardisering van het juridische raamwerk hebben een urgent karakter voor veelbelovende hubs. Zo'n raamwerk geeft vertrouwen dat de Hub georganiseerd kan worden, en biedt een kader en inspiratie voor de samenwerkingsmogelijkheden. Daarnaast zorgt het voor een efficiënte uitrol, doordat vermeden kan worden dat voor iedere Hub het juridisch kader opnieuw volledig uitgezocht hoeft te worden.

Perspectief: De benodigde onderzoeken zijn waarschijnlijk op archetype-niveau, met grote leerkansen tussen verschillende archetypes.

Uitkomst: Door het beantwoorden van de geïdentificeerde vragen moet blijken welke samenwerkingsvormen al mogelijk zijn binnen juridische kaders, en waar behoefte is aan extra wet- en regelgeving. Ook kan het blijken dat er behoefte is aan een aantal juridische *templates* die kunnen dienen als startpositie voor de oprichting van een MCEH. Een voorbeeld daarvan zijn de templates van Kennedy van der Laan voor (*electricity only*) Energy Hubs op bedrijventerreinen (zie [link](#)).

Geïdentificeerde vragen:

- a) Wat zijn de mogelijke juridische vormen van samenwerking (en bijbehorende organisatievormen en governance modellen) in verschillende typen MCEH's?
Hoe sluiten deze juridische vormen aan bij de verschillende doelstellingen van MCEH's? Wat is er nu mogelijk en wat is wenselijk in de toekomst? Hoe sluit dit aan bij huidige juridische invulling van energiegemeenschappen? Denk hierbij bijvoorbeeld aan onderzoek naar een GTO constructie voor de gebouwde omgeving of woonwijken, waardoor je bij energiedelen en lokale opslag geen belastingen betaalt voor invoeding en afname binnen de Hub. Dit is een vraag die deels beantwoord kan worden met bestaande kennis en zo meegenomen kan worden als startpunt voor pilots, maar ook uitgebreider onderzoek behoeft.
- b) Wat zijn de juridische complexiteiten (en obstakels) in het samenbrengen van gas, warmte- en elektriciteitsmanagement binnen één gebied?
Daarbij gaat het specifiek over de complexiteit van het bij elkaar brengen van meerdere

energiedragers in één juridisch raamwerk, omdat het management van de energiedragers door de MCEH integraal geregeld wordt. Zo kan het bijvoorbeeld zijn dat als er problemen zijn met de elektriciteitsinfrastructuur of opwek er geen warmte geleverd kan worden.

c) Wat moet er gebeuren voor toetreding tot en uittreding uit een MCEH?

Dit is een kwestie die niet enkel juridisch van aard is maar die wel juridisch goed verankerd moet worden. De vraag gaat bijvoorbeeld ook over netaansluitingen, of meenemen / achterlaten van gemaakte investeringen. Deze vraag is ook sterk gekoppeld aan de vragen uit 3.1 voor ontwerp: hoe kan er daarin al rekening worden gehouden dat partijen toe- of uittreden?

d) Hoe zou “conscious contracting” voor eindgebruikers in de gebouwde omgeving georganiseerd moeten worden?

Ook niet-experts moeten weten waar ze voor tekenen. Dit is vooral belangrijk bij MCEH's in de gebouwde omgeving, waar waarschijnlijk ook burgers aan deelnemen.

e) Welke marktrollen kan een Hub aannemen voor energiemarkten, congestie management, of onbalansmarkten, zoals een CSP of een BRP?

En wat zijn daarvoor de randvoorwaarden en belemmeringen.

f) Wat zijn de technische/juridische/economische/organisatorische uitdagingen en kansen bij de overgang van een volledig elektrische EH naar een MCEH?

g) Aan welke standaardcontracten of templates is behoefte?

h) Welke Nederlandse en EU wet- en regelgeving is relevant voor MCEH's?

Welke kansen en belemmeringen ontstaan hieruit voor verschillende energiedragers?

4.2 Financiering

Verwacht wordt dat in veel gevallen financiering nodig is om de investeringen te bekostigen. Via banken, fondsen of subsidies. De geïdentificeerde vragen gaan over de mogelijkheden van financiering, en de invloed van MCEH's op het risicoprofiel van investeringen. De vragen over de verdeling van kosten en baten staan onder 4.4, eigenaarschap.

Perspectief: Deze vragen gelden per archetype, maar kunnen waarschijnlijk wel op een hoog-niveau archetype geanalyseerd worden. Bijvoorbeeld gebouwde omgeving.

Uitkomst: Handvatten voor zowel financiers en Hubs die gefinancierd moeten worden om snel financiering te organiseren, met een acceptabele risico-opslag.

Geïdentificeerde vragen:

a) Wat zijn de kansen en knelpunten in de financiering van MCEH's?

En hoe kunnen ze worden geadresseerd. Daaronder vallen de volgende extra vragen: Welke juridische entiteit(en) moet(en) er gefinancierd worden? Voor welke onderdelen/assets zijn deze knelpunten het meest relevant? Hoe kunnen deze worden aangepakt (denk aan fondsen / subsidies) en op lange termijn worden geborgd?

De knelpunten hebben vaak een grote overlap met andere vragen. Zo is bijvoorbeeld in de

gebouwde omgeving de dekkingsgraad van deelnemende partijen van hoog belang, waarover vragen in het thema 'samenwerking' staan.

- b) Wat zijn de bijkomende of verminderde risico's van een MCEH ten opzichte van separate verduurzamingsmaatregelen, en hoe beïnvloedt dit de financiering?
dus door te investeren in 'bundel' i.p.v. individuele assets

4.3 Samenwerking

Samenwerking is een centraal principe bij alle Energy Hubs: er moet een plan voor energie-uitwisseling en afstemming komen waar iedere deelnemende partij zich achter schaaft. Hoe kunnen de partijen bij elkaar gebracht worden, en hoe kan een proces opgetuigd worden om ze effectief met elkaar te laten werken en flexibiliteit te ontsluiten?

Deze vragen zijn veelal procesmatig, en zijn sterk verbonden aan vragen rondom eigenaarschap in 4.4 – om een koppeling te leggen met fysiek eigenaarschap, risicoverdeling, en verantwoordelijkheden.

Perspectief: Deze vragen gaan per archetype, met waarschijnlijk lessen die breder toepasbaar zijn.

Uitkomst: De vragen moeten inzicht bieden in de manieren om een goede samenwerking op te zetten en te onderhouden.

Geïdentificeerde vragen:

- a) Wat zijn de betrokken stakeholders? Hoe kunnen die partijen worden bereikt en bij elkaar gebracht, en worden gemotiveerd om te participeren in een MCEH?
Het stakeholderveld kan erg breed zijn. Denk aan participanten (met verschillende type aansluitingen voor warmte, elektriciteit of moleculen), non-participanten in het gebied, netbeheerders, investeerders en faciliterende stakeholders zoals clusterregisseurs. Specifiek voor bedrijven: welke bestaande trajecten zoals ESG en maatwerkafspraken kunnen hiervoor ingezet worden? Welke institutionele condities bepalen de kans op succes/opscaling en de potentiële maatschappelijke baten?
- b) Welke rollen moeten vervuld worden bij de organisatie en realisatie van MCEH's, en welke stakeholders kunnen welke rollen oppakken?
Daarbij is het ook belangrijk om het perspectief van de verschillende stakeholders goed mee te nemen en te begrijpen. Hoe kan verzekerd worden dat de juiste actoren de gewenste kennis en expertise hebben? Ook valt hier de vraag onder hoe zijn de rollen anders zijn voor MCEH's dan voor *electricity only* Energy Hubs?
- c) Wat zijn effectieve manieren om partijen te stimuleren om hun data te delen?
En hoe zou die data gedeeld moeten worden? Zeker bij bedrijfsgevoelige informatie kan dit een grote uitdaging vormen. Dit heeft een sterke koppeling met het juridische vlak. In interviews kwam naar boven dat de tendens om alles juridisch af te bakenen is doorgeschoten, en data idealiter ook op basis van goed vertrouwen beschikbaar gesteld zou worden, met een strategie die samenwerking faciliteert.
Deze vraag is sterk verbonden met de vragen in sectie 5.2, over data.

- d) Hoe kan samenwerking in MCEH's worden bevorderd en flexibiliteit en participatie ontsloten?
Bijvoorbeeld een framework voor kosten/baten verdeling, besluitvormingsprocessen, mede-eigendom, financiering. Wat kan geleerd worden van energiecoöperaties? Wat zijn mogelijke constructies om de investeringen en risico's bij MCEH's niet (volledig) bij de participanten te leggen?
- e) Welke data en informatie zou standaard en wettelijk verplicht door bedrijven publiek beschikbaar gemaakt moeten worden om energie-samenwerking te faciliteren?
Zowel voor de ontwikkeling als operationele fase van de MCEH.
- f) Welke uitdagingen ontstaan bij meerdere stakeholders die verschillende typen energiecontracten hebben? En hoe kunnen die worden geadresseerd?
Denk bijvoorbeeld aan een mix van kleinverbruikers en grootverbruikers in een woonwijk. In hoeverre, of onder welke omstandigheden, bieden energiegemeenschappen hier oplossingen?

4.4 Eigenaarschap

Eigenaarschap is in deze context breder dan het bezit van fysieke assets, maar gaat erom hoe wat verantwoordelijkheden, kosten, baten en risico's zijn, en hoe ze verdeeld kunnen of moeten worden. Dit moet er uiteindelijk in resulteren dat het voor de betrokken stakeholders een acceptabele verdeling is, en de investeerders een positieve business case hebben. Dit heeft een belangrijke koppeling met de overige vragen in sectie 4 – over juridische aspecten, financiële aspecten en samenwerking.

Perspectief: Deze vragen zullen waarschijnlijk beantwoord worden voor één archetype per onderzoek, met waarschijnlijk lessen die breder toepasbaar zijn. Het is daardoor ook mogelijk dat een vraag resulteert in meerdere onderzoeken waarin de vraag voor verschillende archetypes wordt beantwoord.

Uitkomst: De vragen moeten kaders geven voor een goede en eerlijke verdeling van investeringen, verantwoordelijkheden, kosten/baten, en risico's.

Geïdentificeerde vragen:

- a) Wat zijn risico's/aansprakelijkheden/voor- en nadelen voor enerzijds de participanten en anderzijds de niet-participanten binnen een MCEH?
Denk hierbij onder andere aan exploitatierisico's, of de risico's op hoge energieprijzen door het hebben van een lokale energiemarkt. Daarbij ook de vraag hoe deze verschillen voor groot- en kleinverbruikers?
- b) Hoe zouden eigenaarschap, verantwoordelijkheden, risico/aansprakelijkheid en kosten/baten georganiseerd en verdeeld kunnen worden?
Moet dit Energy Hub-breed, of verschilt het per asset / energiedrager? Hierbij gaat het niet alleen om lokale kosten, baten en risico's, maar ook op het niveau van het hele energiesysteem. Hoe kunnen de regionale en landelijke baten van een MCEH (denk daarbij aan ontlasten energiesysteem, verminderen netverzwaring, aanbieden flexibiliteit) vertaald worden naar de lokale businesscase? Wat kan nu al en wat zou in de toekomst mogelijk

moeten zijn? En tot slot, hoe kunnen hier gestandaardiseerde aanpakken voor worden ontwikkeld?

c) *In hoeverre kunnen aansprakelijkheden en risico's geborgd worden in verzekeringen?*

En wat zijn hier knelpunten/barrières? Denk hierbij ook aan risico's van faillissement van partijen; hoe kan gegarandeerd worden dat een MCEH blijft bestaan als tussenpartijen failliet zijn?

4.5 Roadmap

In Tabel 6 worden de geïdentificeerde vragen gepresenteerd in de roadmap. Daar wordt voor elke vraag aangegeven wat de voorgestelde onderzoeksmethodes zijn, wat voor type onderzoek er nodig is, wat de verwachte impact is van het beantwoorden van de vraag, en wordt het beoogde onderzoek op een tijdlijn geplaatst.

In de roadmap valt op dat voor een relatief groot deel van de onderzoeken wordt aanbevolen zo snel mogelijk te starten. Dat komt doordat de organisatie van de Hub doorgaans de grondslag is om (proef)projecten te starten.

Het plaatsen van de onderzoeken op de tijdlijn is gebaseerd op de urgentie, zoals aangegeven door experts tijdens de groepsinterviews. Voor vraag 4.1h is afgeweken van de methodologie: die vraag was in de groepsinterviews beoordeeld met een 2,0, wat zou betekenen dat de vraag na acht jaar afgerond zou moeten worden. De achterliggende reden was dat er nu vooral gefocust moet worden op praktijkonderzoek, en dat daarna wet- en regelgeving zou volgen. Echter is de ervaring ook dat het ontzettend belangrijk is om een goed beeld te hebben van het bestaande wet- en regelgevend kader, en dat mogelijke initiatieven om dat aan te passen een lange doorlooptijd hebben. Daarnaast was de impact van het onderzoek wel beoordeeld op een 3. Vanwege die twee redenen is er besloten om het onderzoek in jaar één te laten starten.

Ook is voor vraag 4.3c afgeweken. De urgentie van deze vraag was in de groepsinterviews beoordeeld met een 2,5. Echter is het delen van data een fundamenteel aspect van een MCEH, en kan het een grote belemmering opleveren als partijen niet bereid zijn om hun data te delen. Daarom is er voor gekozen om deze vraag in jaar één te laten starten.

Tabel 6 – Roadmap Hoofdvraag 4

Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs georganiseerd worden?		Type Onderzoek			Tijdslijn (jaren)							
		DR	BP	NP	1	2	3	4	5	6	7	8
Juridisch												
4.1a	Wat zijn de mogelijke juridische vormen van samenwerking (en bijbehorende organisatievormen / governance modellen) in verschillende typen MCEH's?	●	●									
4.1b	Wat zijn de juridische complexiteiten (en obstakels) in het samenbrengen van warmte- en elektriciteitsmanagement binnen één gebied?	●	●									
4.1c	Wat moet er gebeuren voor toetreding tot en uittreding uit een MCEH?	●	●	●								
4.1d	Hoe zou "conscious contracting" voor eindgebruikers in de gebouwde omgeving georganiseerd moeten worden?	●		●								
4.1e	Welke marktrollen kan een Hub aannemen voor energiemarkten, congestie management, of onbalansmarkten, zoals een CSP of een BRP?	●	●	●								
4.1f	Wat zijn de technische/juridische/economische/organisatorische uitdagingen en kansen bij de overgang van een volledig elektrische EH naar een MCEH?	●	●	●								
4.1g	Aan welke standaardcontracten of templates is behoefte?	●	●	●								
4.1h	Welke Nederlandse en EU wet- en regelgeving is relevant voor MCEH's?	●										
Financiering												
4.2a	Wat zijn de kansen en knelpunten in de financiering van MCEH's en hoe kunnen ze worden geadresseerd?	●	●									
4.2b	Wat zijn de bijkomende of verminderde risico's van een MC Energy Hub ten opzichte van 'normale' verduurzamingsmaatregelen, en hoe beïnvloedt dit de financiering?	●	●									
Samenwerking												
4.3a	Wat zijn de betrokken stakeholders? Hoe kunnen die partijen worden bereikt en bij elkaar gebracht, en worden gemotiveerd om te participeren in een MCEH?	●	●	●								
4.3b	Welke rollen moeten vervuld worden bij de organisatie en realisatie van MCEH's, en welke stakeholders kunnen welke rollen oppakken?											
4.3c	Wat zijn effectieve manieren om partijen te stimuleren om hun data te delen?	●										
4.3d	Hoe kan samenwerking in MCEH's worden bevorderd en flexibiliteit en participatie ontsloten?	●	●	●								
4.3e	Welke data en informatie zou standaard en wettelijk verplicht door bedrijven publiek beschikbaar gemaakt moeten worden om energie-samenwerking te faciliteren?	●	●									
4.3f	Welke uitdagingen ontstaan bij meerdere stakeholders die verschillende type energiecontracten hebben? En hoe kunnen die worden geadresseerd?	●	●									
Eigenaarschap												
4.4a	Wat zijn risico's/aansprakelijkheden en voor-/nadelen voor enerzijds de participanten en anderzijds de niet-participanten binnen een MCEH?	●	●									
4.4b	Hoe zouden eigenaarschap, verantwoordelijkheden, risico/aansprakelijkheid en kosten/baten georganiseerd en verdeeld kunnen worden?	●	●									
4.4c	In hoeverre kunnen aansprakelijkheden en risico's geborgd worden in verzekeringen?	●	●									

*Methode: DR - Desk research, BP - Bestaande Pilots, NP - Nieuwe Pilots;

Type: ● Acute vraag, ● Transitieprincipe, ● Beide;

Tijdslijn - Impact: ■ gemiddeld, ■ hoog, ■ zeer hoog

5 Hoe kunnen MCEH's goed aangestuurd worden?

Dit zijn meer technische vraagstukken, waar deels ook al door marktpartijen aan wordt gewerkt in energiemanagement-systemen (EMS). Denk aan de handreiking EMS Smart Energy Hubs van Oost NL (zie [link](#)) of de EMS-vergelijker van Topsector Energie, Digitalisering (zie [link](#)).

Volgens geïnterviewden zijn dit niet de vragen met de hoogste prioriteit voor het realiseren van MCEH's. Wel is aangegeven dat het uitbesteden van de aansturing een risico vormt voor het hogere net, wanneer het EMS enkel rekening houdt met de behoefte van het lokale energiesysteem. Ook wordt de aansturing nu per casus georganiseerd, terwijl uniformiteit in de aansturing tussen hubs of zelfs met het landelijke energiesysteem wellicht wenselijk kan zijn. Gesteld werd verder dat bestaande aansturingssystemen veel werken vanuit een elektriciteitsperspectief; het is relevant om te onderzoeken hoe het Multi-Commodity-aspect beter meegenomen kan worden.

De vragen hebben dus geen topprioriteit, maar zijn wel belangrijk voor een efficiënte uitrol van MCEH's. Vragen onder deze hoofdvraag vallen uiteen in twee thema's: **(1) operatie en (2) data**.

5.1 Operatie

Deze vragen gaan over de verschillende aspecten die komen kijken bij de operatie van de Hub. Dat gaat over de aansturing, maar ook over de systemen en veiligheidseisen. De aansturing van een MCEH is een complex onderwerp, juist omdat het over een integrale aansturing van meerdere energiedragers gaat. Wat voor afwegingen moeten daarin gemaakt worden, hoe kunnen die afwegingen gemaakt worden, en wat voor systemen zijn er nodig om die afweging integraal te maken. Doordat de aansturing mogelijk lokale als nationale belangen integreert via een markt, zijn deze vragen nauw verbonden met sectie 2.3, over de integratie van markt en infrastructuur.

Perspectief: Deze vragen kunnen in eerste instantie beantwoord worden voor MCEH's in het algemeen, met nuancerings per archetype.

Uitkomst: Het beantwoorden van deze vragen moet er voor zorgen dat de partijen de handvatten hebben om de operatie te organiseren of laten organiseren, en er systemen ontwikkeld kunnen worden die kunnen bijdragen aan een geharmoniseerde aansturing waar wenselijk.

Geïdentificeerde vragen:

- a) Hoe zou een lokale energiemarkt voor meerdere energiedragers en energiedelen moeten functioneren?

Hierbij moeten ook een aantal vragen beantwoord worden die gaan over die markt, zoals hoe de belangen van diverse deelnemers hierin worden geborgd. Hoe zou de lokale markt zich moeten verhouden tot - of geïntegreerd moeten worden met - nationale markten? Hoe zou een MCEH beloond moeten worden voor diensten die zij levert aan het energiesysteem (zoals robuustheid, netcongestie reductie, flexibiliteit, etc.)? Hoe zouden markten van verschillende energiedragers zich tot elkaar moeten verhouden?

- b) Welke eisen kunnen en moeten er gesteld worden aan de aansturingssystemen van MCEH's?

Denk hierbij bijvoorbeeld aan veiligheid, maar ook aan toegankelijkheid voor de gebruikers door bijvoorbeeld een dashboard.

- c) Welke afwegingen bestaan er in de operationele strategie van MCEH's en hoe kunnen Kunstmatige Intelligentie of Machine Learning bijdragen aan hun realtime-optimalisatie?

Een onderdeel hiervan kan bijvoorbeeld zijn dat er in de operationele strategie gestuurd wordt om de kosten voor verschillende dragers onder een bepaalde bovenwaarde te houden, om excessieve energierekeningen voor minder flexibele gebruikers te vermijden.

- d) In hoeverre moet de operatie per gebruiker, per hub of centraal worden beïnvloed/beheerd?

Wat moet er voor gebruikers en wat mag er? Een belangrijke overweging hierin is dat bij aansturing van gebruikers zelf er een risico is dat ze een eigen operationele strategie gaan toepassen die mogelijk niet ten gunste is van het grote systeem maar waar wel voor hun. Een bijkomende vraag is daarom ook hoe partijen 'gaming' door alle controleniveaus kunnen voorkomen?

- e) Wat zijn kansrijke technologieën of methodes voor MCEH's die al binnen industrieën worden toegepast voor operationele optimalisatie

5.2 Data

Deze vragen gaan over de data die nodig is om een hub aan te sturen, en hoe die verzameld en beheerd kan worden. Hierbij is in interviews ook onderkend dat een grote uitdaging hierbij is om bedrijfsgevoelige informatie te kunnen gebruiken (zoals ook geadresseerd in een vraag bij 4.3 in het thema samenwerking), en dat het wenselijk is om extra data van de netbeheerders te krijgen. Naast informatie die helpt bij het plannen van dataverzameling en -verwerking moeten onderzoeken in dit thema ook aantonen hoe belangrijk het is dat deze data beschikbaar komt. Dit ter stimulans om de data te delen, zowel voor lokale stakeholders als netbeheerders.

Perspectief: Deze vragen kunnen het beste benaderd worden vanuit de hogere-niveau archetypes, zoals gebouwde omgeving en bedrijventerreinen.

Uitkomst: Dit onderzoek moet bijdragen aan bij het ontwikkelen van een aansturing-strategie. Door duidelijk te maken welke data nodig is, hoe die verzameld kan worden, en hoe daar goed mee omgegaan kan worden – ook in het kader van vertrouwelijkheid of anonimiseren.

Geïdentificeerde vragen:

- a) Welke data is nodig van gebouwen/infrastructuur/activa in MCEH's om de besturing van de verschillende energiedragers te kunnen optimaliseren?

Dit kan gaan om zowel karakteristieken, zoals bijvoorbeeld de isolatie, als om historisch en real-time gebruik. En op welke aggregatieniveaus dient daarvoor bemeten en/of verzameld te worden?

- b) Welke externe data moet in de operationele strategie worden meegenomen?

Voor de aansturing van de Hub. Denk daarbij aan energie-/onbalansmarkten, CO₂-uitstoot of weersvoorspellingen. Deze vraag is nauw verwant met 5.1c waar de afwegingen voor de operationele strategie worden onderzocht.

- c) Wat zijn de risico's en uitdagingen bij het verzamelen, verwerken en uitwisselen van data?
Wat zijn mogelijke oplossingen, en welke open data- en cybersecuritystandaarden zijn nodig om de risico's te mitigeren?

5.3 Roadmap

In Tabel 7 worden de geïdentificeerde vragen gepresenteerd in de roadmap. Daar wordt voor elke vraag aangegeven wat de voorgestelde onderzoeksmethodes zijn, wat voor type onderzoek er nodig is, wat de verwachte impact is van het beantwoorden van de vraag, en wordt het beoogde onderzoek op een tijdlijn geplaatst.

Tabel 7 – Roadmap Hoofdvraag 5

Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs goed aangestuurd worden?			Type Onderzoek			Tijdlijn (jaren)							
			DR	BP	NP	1	2	3	4	5	6	7	8
Operatie													
5.1a	Hoe zou een lokale energiemarkt voor meerdere energiedragers en energiedelen moeten functioneren?		●		●								
5.1b	Welke eisen kunnen en moeten er gesteld worden aan de aansturingssystemen van MCEH's?		●	●	●								
5.1c	Welke afwegingen bestaan er in de operationele strategie van MCEH's en hoe kunnen Kunstmatige Intelligentie of Machine Learning bijdragen aan hun realtime-optimalisatie?		●	●	●								
5.1d	In hoeverre moet de operatie per gebruiker, per hub of centraal worden beïnvloed/beheerd?		●	●									
5.1e	Wat zijn kansrijke technologieën of methodes voor MCEH's die al binnen industrieën worden toegepast voor operationele optimalisatie		●										
Data													
5.2a	Welke data is nodig van gebouwen/infrastructuur/activa in MCEH's om de besturing van de verschillende energiedragers te kunnen optimaliseren?		●	●	●								
5.2b	Welke externe data moet in de operationele strategie worden meegenomen?		●	●	●								
5.2c	Wat zijn de risico's en uitdagingen bij het verzamelen, verwerken en uitwisselen van data? Wat zijn mogelijke oplossingen, en welke open data- en cybersecuritystandaarden zijn nodig om de risico's te mitigeren?		●	●									

*Methode: DR - Desk research, BP - Bestaande Pilots, NP - Nieuwe Pilots;

Type: ● Acute vraag, ● Transitieprincipe, ● Beide;

Tijdlijn - Impact: ■ gemiddeld, ■ hoog, ■ zeer hoog

6 Hoe kunnen MCEH's effectief en tijdig gerealiseerd en opgeschaald worden?

De eerste vijf hoofdvragen geven de kaders en handvatten voor de ontwikkeling van MCEH's. Deze laatste hoofdvraag gaat erom hoe de lessen daaruit getrokken en toegepast kunnen worden en hoe de uitrol op een effectieve manier gecoördineerd kan worden.

Vragen onder deze hoofdvraag vallen uiteen in drie thema's: **(1) realisatie en opschaling, (2) toepassen van lessen, en (3) standaardisering.**

6.1 Realisatie en opschaling

Deze vragen gaan over een effectieve manier om de uitrol van MCEH's in het Nederlandse energiesysteem te verankeren. Belangrijk daarbij is dat de ontwikkeling van MCEH's niet gebeurt in afzondering van andere ontwikkelingen, en ook zeker andere ontwikkelingen niet in de weg moet staan. Uiteindelijk moet het beantwoorden van deze vragen ertoe leiden dat MCEH's meegenomen kunnen worden in een integrale planning van het energiesysteem.

Perspectief: Het zijn vragen waarvoor iets verder uitgezoomd moet worden, omdat er juist weer een perspectief van een MCEH als concept genomen wordt, mogelijk gespecificeerd voor enkele archetypes.

Uitkomst: Het beantwoorden van de vragen moet helpen bij het ontwikkelen van een planning op MCEH's op overheidsniveau – nationaal, provinciaal of gemeentelijk.

Geïdentificeerde vragen:

a) Hoe kan een MCEH worden gerealiseerd met beperkte betrokkenheid van de netbeheerder en met beperkte inspanningen in infrastructuurveranderingen om om te gaan met schaarste van mankracht en resources?

b) Welke instrumenten hebben de overheidsniveaus en welke hebben ze nodig om de ontwikkeling van MCEH's te richten en mogelijk te maken?

Denk daarbij aan het beschikbaar maken van subsidies, vergunningen mogelijk maken of versnellen (mogelijk onder bepaalde voorwaarden, of het sturen op warmtenetten zoals gemeentes zullen kunnen in de Wet Collectieve Warmte die waarschijnlijk in 2025 in werking zal treden. Zowel op de korte als de lange termijn. Hoe kan energieplanologie geïmplementeerd worden om gebieden meer geschikt te maken voor een MCEH?

c) In hoeverre belemmert of stimuleert een Multi-Commodity aanpak de snelle realisatie van electricity only Energy Hubs?

Hoewel een Multi-Commodity aanpak voordelen kan bieden op bijvoorbeeld energie-efficiëntie en kosten, is verwacht dat het organiseren van de Hub ook complexer is. Deze vraag gaat erover of het vooruitzicht om in de toekomst een MCEH te kunnen realiseren een barrière vormt om nu al stappen te maken om een electricity-only Energy Hub te organiseren. En hoe kunnen barrières, uitdagingen en oplossingen geïdentificeerd worden? Deze vraag is nauw verbonden met 4.1f "Wat zijn de technische / juridische / economische /

organisatorische uitdagingen en kansen bij de overgang van een volledig elektrische EH naar een MCEH?”

- d) Hoe kan een transitiepad voor de uitrol van MCEH's worden ontworpen met nog zoveel onzekerheden?

6.2 Toepassen van lessen

Het beantwoorden van de geïdentificeerde kennis- en innovatievragen heeft altijd als doel om de lessen toe te kunnen passen op volgende of bestaande projecten. Een gestructureerde manier van kennisontwikkeling en -uitwisseling, en identificatie van hoe de kennis het beste opgedaan kan worden (nieuwe pilots, bestaande pilots, *digital twins*) zijn cruciaal bij een programma op het gebied van MCEH's.

In interviews kwam naar voren dat er nu het meeste behoefte is aan onderzoeken naar de toegevoegde waarde die MCEH's kunnen brengen. Uiteraard kunnen uit die projecten lessen getrokken worden voor volgende projecten, maar de waarde moet dus niet alleen vanuit een theoretisch kader gezien worden.

Perspectief: Voor deze vragen moeten MCEH's in hun geheel worden bekeken, om van daaruit mogelijk in te kunnen zoomen op archetypes.

Uitkomst: Het beantwoorden van de vragen moet er aan bijdragen dat er een goed programma voor proefprojecten opgesteld kan worden, en lessen uit proefprojecten op een consistente manier kunnen worden gerapporteerd en gedeeld.

Geïdentificeerde vragen:

- a) Hoe kunnen nieuwe innovatie- en kennisvragen gekoppeld worden aan bestaande pilots/experimenten?
Dit is één van de belangrijkste vragen, wat ook is aangegeven in de interviews. Voor veel van de vragen is een vorm van een pilot wenselijk, en bijna altijd is praktijkervaring nodig.
- b) Aan welke normen zouden pilots moeten voldoen om de lessen goed toepasbaar te maken?
Dit gaat er bijvoorbeeld over dat het bij het opzetten van een pilot duidelijk is wat je gaat toetsen. Zowel kwantitatief als kwalitatief, bijvoorbeeld over ervaringen met samenwerking. Hoe kunnen die lessen goed gerapporteerd worden, en hoe zouden ze gedeeld moeten worden? Mogelijk zou dit ook gebruikt kunnen worden als een randvoorwaarde bij het beschikbaar stellen van subsidies.
- c) Wat zijn (inter)nationale best practices bij het realiseren van MCEH's?
Welke lessen kunnen worden geleerd van hun succes? Hoe kan het continu ophalen en delen van deze kennis worden geborgd? Bij deze vraag is wel aangegeven dat het niet voor elke vraag mogelijk is om te leren van buitenlandse projecten, omdat projecten vaak context-specifiek zijn.

6.3 Standaardisering

Veel van de eerder gestelde vragen zoeken naar repliceerbare methodes om MCEH's van de grond te krijgen en aan te sturen. Mogelijk kan dat resulteren in een standaardisering. In deze vraag wordt verkend wat er kan qua standaardisering en hoe dat gecommuniceerd zou moeten worden.

Dit is heel belangrijk – maar er moet ruimte blijven voor innovatie. In interviews is aangegeven dat in de huidige onderzoeksfase voor MCEH's het wat vroeg is om standaardisering al te ver door te voeren, omdat het werkveld nog jong en in ontwikkeling is. Wel is in interviews ook erkend dat voor opschaling een mate van standaardisering nodig zal zijn, en dat het van belang is enige mate van standaardisering in te voeren, bijvoorbeeld als het gaat om open datastructuren. Het is dan ook van belang om in het kader van standaardisering na te denken welke vormen van standaardisering al vanaf het begin geborgd moeten worden, en daar buiten nog vrijheid voor experimenteren en innovatie te laten.

Perspectief: Deze vragen worden geanalyseerd voor de archetypes, maar idealiter gerapporteerd voor MCEH's in haar geheel.

Uitkomst: Een overzicht van protocollen en frameworks die bijdragen aan het gestandaardiseerd opschalen van MCEH's

Geïdentificeerde vraag:

- a) Welke richtlijnen en normen zullen moeten worden ontwikkeld voor inrichting, organisatie, aansturing en realisatie van de verschillende archetypen van MCEH's?

6.4 Roadmap

In Tabel 8 worden de geïdentificeerde vragen gepresenteerd in de roadmap. Daar wordt voor elke vraag aangegeven wat de voorgestelde onderzoeksmethodes zijn, wat voor type onderzoek er nodig is, wat de verwachte impact is van het beantwoorden van de vraag, en wordt het beoogde onderzoek op een tijdlijn geplaatst.

Tabel 8 – Roadmap Hoofdvraag 6

Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs effectief en tijdig gerealiseerd en opgeschaald worden?		Type Onderzoek			Tijdlijn (jaren)							
		DR	BP	NP	1	2	3	4	5	6	7	8
Realisatie en opschaling												
6.1a	Hoe kan een MCEH worden gerealiseerd met beperkte betrokkenheid van de netbeheerder en met beperkte inspanningen in infrastructuurveranderingen om om te gaan met schaarste van mankracht en resources?	●	●									
6.1b	Welke instrumenten hebben de overheidsniveaus en welke hebben ze nodig om de ontwikkeling van MCEH's te richten en mogelijk te maken?	●	●									
6.1c	In hoeverre belemmert of stimuleert een Multi-Commodity aanpak de snelle realisatie van electricity only Energy Hubs?	●	●									
6.1d	Hoe kan een transitiepad voor de uitrol van MCEH's worden ontworpen met nog zoveel onzekerheden?	●	●									
Toepassen van lessen												
6.2a	Hoe kunnen nieuwe innovatie- en kennisvragen gekoppeld worden aan bestaande pilots/experimenten?	●	●									
6.2b	Aan welke normen zouden pilots moeten voldoen om de lessen goed toepasbaar te maken?	●	●									
6.2c	Wat zijn (inter)nationale best practices bij het realiseren van MCEH's?	●										
Standaardisering												
6.3a	Welke richtlijnen en normen zullen moeten worden ontwikkeld voor inrichting, organisatie, aansturing en realisatie van de verschillende archetypen van MCEH's?	●	●									

*Methode: DR - Desk research, BP - Bestaande Pilots, NP - Nieuwe Pilots;

Type: ● Acute vraag, ● Transitieprincipe, ● Beide;

Tijdlijn - Impact: ■ gemiddeld, ■ hoog, ■ zeer hoog

Bijlage: uitgebreide methodologie

Om kennis- en innovatievragen te inventariseren, te prioriteren, te analyseren en te vatten in een roadmap zijn drie fases doorlopen:

1. **Literatuuronderzoek.** Analyse van wetenschappelijke *literature review* artikelen en recent in Nederland gepubliceerde rapporten om een eerste longlist van openstaande vragen op te stellen.
2. **Stakeholder input.** Serie groepsinterviews met input van diverse stakeholders om de geïdentificeerde vragen te evalueren, en extra vragen aan te dragen. Online survey aangeboden op de Smart Energy Hubs Conference, de Energy Talks 2024 werkconferentie en via de LinkedIn pagina en nieuwsbrief van Topsector Energie om geïnteresseerden de gelegenheid te geven om hun vragen te delen.
3. **Bundelen en rangschikken.** Samenvoegen, categoriseren, evalueren en verder uitwerken en toelichten van kennis- en innovatievragen die zijn opgehaald in de eerste twee fases van het onderzoek.

De methode die is gevolgd in ieder van deze fases wordt in de komende hoofdstukken nader toegelicht.

Literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek is uitgevoerd om een longlist van openstaande kennis- en innovatievragen op te stellen, als startpunt voor de groepsinterviews. In het literatuuronderzoek zijn enerzijds internationale wetenschappelijke artikelen en anderzijds nationale rapporten meegenomen. De rapporten en papers zijn geselecteerd in overleg met Topsector Energie Systeemintegratie. Het overzicht van geselecteerde en geanalyseerde literatuur is te vinden in 9.

Voor wetenschappelijke artikelen is voornamelijk gekeken naar *literature review*-artikelen, omdat daarin het brede onderzoeksveld wordt samengevat en doorgaans ook openstaande kennishiaten en aanbevelingen voor toekomstig onderzoek worden benoemd. Bij het zoeken en selecteren van wetenschappelijke review-artikelen is naast de focus op Energy Hubs ook gekeken naar multi-carrier energiesystemen waarin warmte een rol speelt. De term 'Energy Hub' wordt namelijk internationaal nog niet altijd consistent toegepast, en er bestaan diverse termen die soortgelijke systemen beschrijven (zo zijn bijvoorbeeld ook 'heat', 'storage', 'positive energy district', 'multi-energy systems', 'multi-carrier', 'energy community' meegenomen in de gebruikte zoektermen).

De artikelen en rapporten zijn gereviewed, waarbij kennis- en innovatievragen zijn geformuleerd op basis van genoemde kennishiaten, openstaande uitdagingen en aanbevelingen voor toekomstig onderzoek. Op basis van het literatuuronderzoek is een long-list van ruim 200 kennis- en innovatievragen opgesteld, en zijn de 6 hoofdvragen waar alle vragen onder vallen geformuleerd. Deze long-list van 200 vragen is ter voorbereiding op de volgende fase gesynthetiseerd en geconsolideerd tot een lijst van 60 vragen, vallend onder de 6 hoofdvragen.

Tabel 9 – Overzicht geselecteerde en geanalyseerde literatuur

	Rapporten / Whitepapers	Jaar	Auteurs
1	De Families van Energy Hubs in Nederland	2024	Royal HaskoningDHV
2	Routekaart Samenwerken in energiehubs: de nulmeting	2024	RVO
3	Handelingsperspectief gemeenten voor initiatie van energiehubs	2024	ROCC
4	Establishing a Positive Energy District: legal aspects and challenges	2023	Tempelman et al., Hanzehogeschool
5	Afwegingskader voor de rechtsvorm voor een energy hub	2024	Firan
6	Innovatie roadmap slimme energiesystemen	2024	Regio Utrecht
7	Verkenning Bedrijventerreinen Utrecht	2024	KWR
8	Verduurzaming van Bedrijventerreinen - Typering, barrières en oplossingen	2023	CE Delft

	Wetenschappelijke Literature Review artikelen	Jaar	Journal
1	District multi-energy systems: A comprehensive review of configurations, technologies, and performances	2024	Building and Environment
2	From single to multi-energy and hybrid grids: Historic growth and future vision	2021	Renewable and Sustainable Energy Reviews
3	Strategic potential of multi-energy system towards carbon neutrality: A forward-looking overview	2023	Energy and Built Environment
4	A review on energy hubs: Models, methods, classification, applications, and future trends	2023	Alexandria Engineering Journal
5	A methodological review on management of building cluster meso energy hubs in accordance with the agile framework: Exploring flexibility upward the building-cluster-city hierarchy	2024	Sustainable Energy Technologies and Assessments
6	A review of IoT-enabled smart energy hub systems: Rising, applications, challenges, and future prospects	2024	Renewable Energy Focus
7	Development of dynamic energy storage hub concept: A comprehensive literature review of multi storage systems	2022	Journal of Energy Storage
8	Multi carrier energy systems and energy hubs: Comprehensive review, survey and recommendations	2021	International Journal of Hydrogen Energy
9	A comprehensive review on optimization challenges of smart energy hubs under uncertainty factors	2022	Renewable and Sustainable Energy Reviews
10	An overview on multi-carrier energy networks: From a concept to future trends and challenges	2022	International Journal of Hydrogen Energy
11	A review and mapping exercise of energy community regulatory challenges in European member states based on a survey of collective energy actors	2023	Renewable and Sustainable Energy Reviews
12	A review of neighborhood level multi-carrier energy hubs—uncertainty and problem-solving process	2023	Energy
13	Optimal management of energy hubs and smart energy hubs – A review	2018	Renewable and Sustainable Energy Reviews
14	Energy hub: From a model to a concept – A review	2017	Renewable and Sustainable Energy Reviews

15	Renewable-storage sizing approaches for centralized and distributed renewable energy—A state-of-the-art review	2024	Journal of Energy Storage
16	A comprehensive review of the impacts of energy storage on power markets	2024	Journal of Energy Storage
17	The energy hub: An extensive survey on the state-of-the-art	2019	Applied Thermal Engineering
18	Local energy planning in the built environment: An analysis of model characteristics	2021	Renewable and Sustainable Energy Reviews
19	Energy efficiency, demand side management and energy storage technologies – A critical analysis of possible paths of integration in the built environment	2018	Renewable and Sustainable Energy Reviews
20	Distributed energy systems on a neighborhood scale: Reviewing drivers of and barriers to social acceptance	2018	Renewable and Sustainable Energy Reviews
21	Neighborhood-level coordination and negotiation techniques for managing demand-side flexibility in residential microgrids	2021	Renewable and Sustainable Energy Reviews
22	Key district heating technologies for building energy flexibility: A review	2024	Renewable and Sustainable Energy Reviews
23	Developing energy flexibility in clusters of buildings: A critical analysis of barriers from planning to operation	2023	Energy and Buildings
24	Multi Energy System With an Associated Energy Hub: A Review	2021	IEEE Access
25	Review of Optimization Methods for Energy Hub Planning, Operation, Trading, and Control	2022	IEEE Transactions on Sustainable Energy
26	Energy Hub and Micro-Energy Hub Architecture in Integrated Local Energy Communities: Enabling Technologies and Energy Planning Tools	2024	Energies

Stakeholder-input op basis van groepsinterviews en online survey

De geïdentificeerde kennis- en innovatievragen zijn aangevuld, aangescherpt en beoordeeld door middel van stakeholder-input. Dat is gedaan door geselecteerde stakeholders uit te nodigen voor groepsinterviews in hun expertisegebied. In totaal zijn er acht online groepsinterviews van een uur georganiseerd, verdeeld tussen gebouwde omgeving en bedrijventerreinen, met interviews die focussen op vragen die vallen binnen de categorieën “Technisch, Digitalisering, Duurzaamheid, Ruimtelijk” en “Sociaal, economisch, financiering, juridisch”. Ieder interview is twee keer georganiseerd om zoveel mogelijk stakeholders in de gelegenheid te stellen om hun input te leveren. Het overzicht van de groepsinterviews volgens deze thema’s is te vinden in 10.

Tabel 10 – Overzicht indeling groepsinterviews

	De optimale inrichting en aansturing van MCEH's (Technisch, Digitalisering, Duurzaamheid, Ruimtelijk)	Creëren van het juiste speelveld voor initiatieven om te komen tot MCEH's (Sociaal, economisch, financiering, juridisch)
Gebouwde Omgeving / Woonwijken	2 groepsinterviews	2 groepsinterviews
Bedrijventerreinen	2 groepsinterviews	2 groepsinterviews

Voor de groepsinterviews zijn ruim 85 stakeholders uitgenodigd, en in totaal hebben 21 stakeholders deelgenomen aan de interviews. De deelnemende stakeholders bestonden uit experts van de nationale overheid, provincies, gemeentes, regionale netbeheerders, TenneT, wetenschappers, onderzoeksbureaus, de juridische sector, de bancaire sector, bedrijventerreinen, bedrijven, wetenschappers en zelfstandige experts.

Tijdens de interviews zijn tussen de tien en vijftien vragen voorgelegd aan de experts met de vraag deze te beoordelen op vier criteria, op een schaal van 1 – 3, waar 1 staat voor laag/weinig, en 3 voor hoog/veel:

- **Belangrijk:** hoe belangrijk het is dat deze vraag beantwoord wordt? In de verwerking zijn de reacties op deze vraag vertaald naar een prioritering van de vragen in de roadmap, aangegeven door verwacht impact-niveau.
- **Urgent:** met welke mate van spoed moet deze vraag geadresseerd moeten worden? In de verwerking zijn de reacties op deze vraag vertaald naar het moment op de tijdlijn waarop het onderzoek afgerond moet zijn.
- **Bestaande kennis:** wat is het bestaande kennisniveau op het onderwerp van deze vraag? In de verwerking zijn reacties op deze vraag gebruikt om te verifiëren of de geïdentificeerde vraag in de kennis en innovatie agenda geadresseerd moet worden.
- **Pilot:** is er een pilot nodig om de vraag te beantwoorden? In de verwerking zijn de reacties op deze vraag vertaald naar het combineren van onderzoek met pilots in de roadmap.

Bij elke vraag kregen de experts de mogelijkheid om toelichting op hun evaluatie en andere feedback te geven, en de vragen waar de antwoorden uiteenliepen werden plenair besproken. Daarnaast kregen de experts de mogelijkheid om nog extra vragen toe te voegen.

Naast de groepsinterviews is een brede groep stakeholders gevraagd om hun kennis- en innovatievragen in te dienen. Deze experts zijn gevraagd een online survey in te vullen via een QR-code die gedeeld is via de LinkedIn pagina en nieuwsbrief van Topsector Energie, en plenaire presentaties tijdens de “Energy Talks 2024 werkconferentie” en de “Smart Energy Hubs Conference”.

Op basis van de input van de groepsinterviews en de online survey zijn de geïdentificeerde vragen aangescherpt, zijn vragen afgevalen en zijn vragen toegevoegd.

Bundelen van vragen en opstellen van de roadmap

Als eerste stap om te komen tot de roadmap zijn de vragen die opgehaald zijn uit het literatuuronderzoek, de groepsinterviews en de online survey opnieuw geconsolideerd, waarbij vragen zijn samengevoegd tot hoofdvragen met subvragen. Binnen de 6 hoofdvragen zijn sub-thema's geïdentificeerd waarbinnen vragen gebundeld zijn.

Door literatuuronderzoek en stakeholder-input zijn er meer dan 200 vragen geïdentificeerd. Door ze te combineren is dat teruggebracht tot 60 vragen, die zijn ondergebracht in zes hoofdvragen en 16 thema's.

De geïdentificeerde vragen zijn vervolgens verwerkt tot een roadmap. Daarin wordt aangegeven welke onderzoeksmethode(s) waarschijnlijk toegepast dienen te worden, wat voor type onderzoek er nodig is, wat de doorlooptijd is van het onderzoek, en wanneer het onderzoek zou moeten starten. De roadmap is gemaakt doormiddel van drie stappen, die hierna nader toegelicht worden:

1. **Beoordelen op Impact, Urgentie, Bestaande Kennis.**
2. **Type onderzoek aangeven.**
3. **Onderzoeksmethodes aangeven.**

Uiteindelijk komt de roadmap er dan zo uit te zien, met hier een voorbeeld voor hoofdvraag 3 en subthema 'ontwerp' over de inrichting van MCEH's:

Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs goed ingericht worden?		Type Onderzoek*			Tijddlijn (jaren)							
		DR	BP	NP	1	2	3	4	5	6	7	8
Ontwerp												
3.1a	Hoe definieer en karakteriseer je de beschikbare bouwstenen waaruit MCEH's bestaan?	●	●									
3.1b	Voor de inrichting van de Hub, wat kan worden gestandaardiseerd en wat blijft maatwerk?	●										
3.1c	Welke kritische onzekerheden en risico's bestaan er bij het ontwerpen van een MCEH op basis van de lokale en nationale KPI's en hoe houd je daar rekening mee?	●	●	●								
3.1d	Aan welke ontwerp tools is behoefte voor verschillende archetypes?	●	●	●								
3.1e	Hoe kunnen bij het ontwerp van een MCEH de belangen van de diverse betrokken stakeholders integraal meegenomen worden in ontwerpkeuzes?	●	●	●								
3.1f	Hoe kunnen non-energetische stromen ook slim worden meegenomen in MCEs, en bijdragen aan een meer veerkrachtige infrastructuur?	●		●								
3.1g	Hoe houd je rekening met de ruimtelijke impact en veiligheidsimplicaties als onderdeel van het ontwerp van een MCEH? (energieplanologie)	●	●	●								

* **Methode:** DR : Desk research, BP : Bestaande Pilots, NP : Nieuwe Pilots;
Type: ● Acute vraag, ● Transitieprincipe, ● Beide;
Tijddlijn - Impact: ■ gemiddeld, ■ hoog, ■ zeer hoog

Figuur 1: Voorbeeld van hoe de roadmap eruit ziet voor een onderzoeksvraag

De roadmap is gebaseerd op een combinatie van input uit de groepsinterviews en expert opinion van Common Futures. De roadmap is uitgebreid gereviewed door een klankbordgroep met experts van RVO, Topsector Energie Systeemintegratie, Oost-NL, Saxion Hogeschool, Stedin, Gemeente Utrecht en het Ministerie van KGG. In de volgende drie secties wordt nader toegelicht hoe de classificering in de roadmap tot stand is gekomen.

1. Beoordelen op impact, urgentie en bestaande kennis

Tijdens de groepsinterviews is de deelnemers gevraagd om elke vraag te beoordelen op de impact en urgentie daarvan op een schaal van 1 – 3. Voor de vragen die behandeld zijn tijdens de groepsinterviews is de gemiddelde score van de interviews gebruikt, afgerond op de meest dichtstbijzijnde halve punt (dus 2,2 wordt 2,0). Dat gaat om 33 van de 60 vragen. Voor de overige

vragen heeft Common Futures een inschatting gemaakt op basis van expert opinion, met name omdat de meeste van deze overige 21 vragen op basis van de interviews zijn geformuleerd.

De **urgentie** is gebruikt om de uiterste einddatum van het onderzoek te bepalen. Een score van 3 staat voor 'zeer urgent', 2 staat voor 'urgent' en 1 staat voor 'minder urgent'. Vrijwel alle vragen werden beoordeeld met een gemiddelde afgeronde score van 2 of hoger, en twee derde van de vragen werd beoordeeld met een gemiddelde afgeronde score van 2,5 of hoger. Dit betekent dat vrijwel alle vragen urgent zijn bevonden door de geïnterviewde stakeholders. Dit zou dus vertaald kunnen worden naar het zo snel mogelijk laten beantwoorden van alle vragen. Echter, om een zekere prioritering aan te brengen in de roadmap, en vanuit de realiteitszin dat niet alle vragen direct opgepakt kunnen worden en de onderzoeken vaak significante doorlooptijden hebben, is een inschatting gemaakt van de periode waarbinnen deze vragen realistisch beantwoord zouden kunnen zijn:

- Urgentie 3: Zo snel mogelijk, dus nu starten
- Urgentie 2,5: Binnen 5 jaar
- Urgentie ≤ 2 : Binnen 8 jaar

Voor een beperkt aantal vragen wordt aanbevolen om het onderzoek vroeger te laten starten dan de score op urgentie aangeeft, omdat er andere vragen afhankelijk zijn van, of gekoppeld zijn aan die vraag. Wanneer dat het geval is wordt dat schriftelijk toegelicht.

Daarnaast zijn alle vragen ook door de stakeholders beoordeeld op hun **impact**. Een score van 3 staat voor 'belangrijk', 2 staat voor 'neutraal' en 1 staat voor 'niet belangrijk'. Vrijwel alle vragen werden beoordeeld met een gemiddelde afgeronde score van 2 of hoger, en meer dan 80% met een gemiddelde afgeronde score van 2,5 of hoger. Dit betekent dat zo'n 80% van de vragen (enigszins) belangrijk zijn bevonden door de geïnterviewde stakeholders. Het criterium voor impact kan gebruikt worden om met de beperkte middelen nog een (verdere) selectie te maken op de onderzoeksagenda. De impact is op de volgende manier weergegeven in de tijdlijn:

- Impact 3: Donkergroen
- Impact 2,5: Groen
- Impact ≤ 2 : Lichtgroen

Daarnaast zijn alle vragen ook beoordeeld op het niveau van **bestaande kennis**. Een score van 3 staat voor 'veel kennis', 2 staat voor 'incomplete kennis', en 1 staat voor 'geen kennis'. Vrijwel alle vragen werden beoordeeld met een gemiddelde afgeronde score van 2 of lager, en twee derde met een gemiddelde afgeronde score van 1,5 of lager. Dit bevestigde dat voor vrijwel alle vragen het bestaande kennisniveau laag of incompleet is. De enige vraag met relatief hoog niveau van bestaande kennis werd dermate urgent en belangrijk bevonden dat deze toch is opgenomen in de roadmap, met dit als aandachtspunt vermeld bij de vraag.

2. Type onderzoek aangeven

Om de kennis- en innovatievragen te beantwoorden zijn verschillende soorten activiteiten nodig. Hierbij bouwen we voort op de typen activiteiten die gebruikt zijn in de Kennis en Innovatie Agenda

van het Programma Systeemintegratie van 2018⁴. Hier staan de volgende typen activiteiten beschreven:

- **Transitieprincipes:** Dit zijn activiteiten die basisprincipes ten aanzien van het energiesysteem en de energietransitie uitwerken vanuit een holistische en/of “greenfield” gedachte. De uitkomsten van deze activiteiten zijn typisch van invloed op veel andere vraagstukken en keuzes in het energiesysteem en/of leveren verhelderende nieuwe inzichten op.
Voorbeeld: Welke mate van centralisatie en decentralisatie is wenselijk in het toekomstig energiesysteem?
- **Acute vragen:** Dit zijn activiteiten die specifieke vragen die op dit moment leven onder stakeholders rond een bepaald onderwerp adresseren en waarbij door de stakeholders gezamenlijk naar een antwoord wordt gezocht. De uitkomsten van deze activiteiten zijn typisch direct toepasbaar en toetsbaar in pilots/experimenten.
Voorbeeld: Wat zijn de kansen en knelpunten in de financiering van MCEH's en hoe kunnen ze worden geadresseerd?

De indeling van de vragen in het type onderzoek is gebaseerd op expert opinion van Common Futures. In de roadmap is deze indeling terug te vinden onder ‘onderzoek: methode en type’: Het wordt aangegeven dat het om een acute vraag gaat door een gele bol, en dat het om een transitieprincipe gaat door een blauwe bol. Als het om beide gaat is er een groene bol aangegeven. Voor de acute vragen is ingeschat dat er een onderzoeksproject van twee jaar nodig is, en voor de transitieprincipes vier jaar.

3. Onderzoeksmethodes aangeven

Naast het indelen van de vragen in ‘Acute Vragen’ en ‘Transitieprincipes’ is ook bepaald in hoeverre de vragen beantwoord zouden moeten worden aan de hand van pilots (empirisch onderzoek) of dat deze ook beantwoord kunnen worden door enkel niet-empirisch onderzoek (theoretisch, abstract, conceptueel onderzoek). Het verschil tussen deze twee typen onderzoek is in onderstaande tabel kort samengevat:

Tabel 11 – Overzicht onderscheid empirisch onderzoek (o.b.v. pilots) en niet-empirisch onderzoek

	Casestudies, Pilots, Experimenten	Niet-Empirisch Onderzoek
Aard	Toegepast, praktisch	Abstract, theoretisch
Hoofddoel	Hypothesen en uitvoerbaarheid testen, praktijkproblemen oplossen	Theorieën en concepten opbouwen of analyseren
Data	Direct verzameld (primaire data)	Afkomstig uit bestaande bronnen (secundaire data) of theoretisch/simulatie
Reikwijdte	Specifiek, contextafhankelijk	Breed, generaliseerbaar

⁴ Kennis en Innovatie Agenda: Programma Systeemintegratie <https://topsectorenergie.nl/documents/315/2018-KIA-Roadmaps-combinatiedocument.pdf>

De aanname is dat voor elke vraag minimaal een zekere mate van niet-empirisch onderzoek nodig is om deze te beantwoorden, maar dat in bepaalde gevallen hierop volgend of parallel hieraan ook empirisch onderzoek in de vorm van pilots nodig is.

Tijdens de groepsinterviews is de deelnemers gevraagd of er **een pilot nodig is om de vraag te beantwoorden**, ‘ja’ of ‘nee’. Voor 80% van de vragen hebben meer mensen ‘ja’ dan ‘nee’ geantwoord, en worden pilots dus nodig geacht. Dit oordeel van de meerderheid is overgenomen in de roadmap. Ook in de mondelinge feedback werd het belang van experimenteren en leren in de praktijk benadrukt, omdat het nog te vroeg zou zijn om generaliseerbare of standaardiseerbare antwoorden te formuleren.

Voor de vragen waarbij een pilot nodig is heeft Common Futures zelf aan de hand van expert opinion aangegeven of dat (waarschijnlijk) kan door te leren van bestaande pilots, of door nieuwe vragen in te voeren in (bestaande of nieuwe) pilots. Daardoor bestaan drie verschillende categorieën onderzoeksmethoden:

1. **Niet-empirisch onderzoek**
2. **Leren van bestaande pilots**
3. **Nieuwe vraag in pilot(s)**

Voor elke vraag is aangegeven in hoeverre één of alle van bovenstaande categorieën van toepassing zijn. Zoals reeds benoemd is de aanname dat voor het beantwoorden van alle vragen een zekere mate van niet-empirisch onderzoek nodig is. Ook zal in veel gevallen bij de categorie ‘nieuwe pilots’, waarbij een specifieke nieuwe vraag wordt ingevoerd in (bestaande of nieuwe) pilots, vooraf ook sprake zijn van leren van bestaande pilots. In dat geval zijn voor een vraag dus alle drie de categorieën onderzoeksmethoden aan de orde.

Voor de vragen waarvoor verwacht wordt dat ze kunnen voortbouwen op bestaande pilots is het belangrijk om een goed overzicht te hebben van bestaande en geplande pilots – om zo snel mogelijk te kunnen identificeren of de benodigde data of kennis inderdaad beschikbaar is. Zo niet, dan zal de vraag toch in een nieuwe pilot geadresseerd moeten worden.

Voor de **tijdljn** in de roadmap wordt ervanuit gegaan dat onderzoeken waarvoor een specifieke nieuwe vraag in een pilot moet worden ingevoerd (categorie 3), het onderzoek twee jaar langer zou duren. Indien een pilot nodig is, is dit niet per se maar één pilot. De vraag kan slaan op meerdere archetypes⁵, waardoor er ook meerdere pilots of zelfs meerdere onderzoeken nodig zijn.

⁵ Een archetype energy hub heeft bepaalde karakteristieken die als bundel voorkomen bij meerdere energy hubs. Bijvoorbeeld het type (zoals bedrijventerreinen, of de gebouwde omgeving), de meegenomen energiedragers, de schaal, of de lokale situatie (bijvoorbeeld of er al samengewerkt wordt). Zo dient het archetype als een kapstok om van een terrein waar een bepaalde economische activiteit plaatsvindt een energy hub te maken. De elementen uit het archetype zijn dus te repliceren. Heel hoog-over zijn twee van de archetypes gebouwde omgeving en bedrijventerreinen. Een MCEH in de gebouwde omgeving kan dan bijvoorbeeld verder worden gecategoriseerd naar gebouwde omgeving met een decentrale of met een centrale warmte-oplossing. Om mogelijk nog verder te categoriseren op de bron, of op de grootte van de wijk.

Voorbeeld

Om te laten zien hoe de vragen in de roadmap geplaatst worden nemen we de vraag ‘*Wat zijn de kansen en knelpunten in de financiering van MCEH’s en hoe kunnen ze worden geadresseerd?*’ (4.2a) als voorbeeld. Gebaseerd op 13 antwoorden uit de groepsinterviews kreeg die de volgende scores:

Tabel 12 – Voorbeeld scores uit interviews

Belangrijk	Urgentie	Kennis	Pilot
2,7	2,5	1,7	2,4

0. Bestaande kennis 1,7: duidt erop dat het onderzoek nodig is.
1. Beoordelen op impact en urgentie:
 - Urgentie afgerond 2,5 dus na vijf jaar afgerond
 - Impact (belangrijk) afgerond 2,5, dus groen
2. Type onderzoek aangeven:
 - Door Common Futures bestempeld als een acute vraag, omdat het over direct toepasbare lessen gaat. In de roadmap is dit aangegeven als een gele bol. Daarvoor is twee jaar onderzoek nodig.
3. Onderzoeksmethodes aangeven:
 - Pilot scoort hoger dan een 2, dus er is een pilot nodig
 - Verwacht wordt dat er geleerd kan worden van bestaande pilots, en geen nieuwe pilot nodig is. Dus er is geen extra twee jaar nodig. twee jaar is voldoende.

Tabel 13 – Voorbeeld opstellen roadmap op basis van impact, urgentie, type onderzoek en onderzoeksmethode

Hoe kunnen Multi Commodity Energy Hubs georganiseerd worden?				Type Onderzoek			Tijdtlijn (jaren)							
				DR	BP	NP	1	2	3	4	5	6	7	8
Financiering														
4,2a	Wat zijn de kansen en knelpunten in de financiering van MCEH's en hoe kunnen ze worden geadresseerd?				●	●								